

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ, ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА БІОТЕХНОЛОГІЇ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач випускової кафедри

\_\_\_\_\_ Барановський

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

## ДИПЛОМНА РОБОТА

(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА  
ЗА СПЕЦІАЛІЗАЦІЄЮ «ФАРМАЦЕВТИЧНА БІОТЕХНОЛОГІЯ»

**Тема: «Біотехнологічні способи ремедіації водних систем»**

Виконавець: студент групи ЕТ 203 Фіц Роман Ігорович<sup>(підпис)</sup> \_\_\_\_\_

Керівник: Керівник: к.с.-г.н., доцент, к.б.н Петюх Григорій Павлович<sup>(підпис)</sup> \_\_\_\_\_

Консультант з розділу «Охорона праці»: \_\_\_\_\_ Павлиш В.Д.  
(підпис)

Консультант з розділу

«Охорона навколишнього середовища»: \_\_\_\_\_ Бовсуновський Є.О.  
(підпис)

Нормоконтролер: \_\_\_\_\_ Лазарєв В.Г.  
(підпис)

Київ 2020

## 6. Календарний план–графік

№ Пор.	Завдання	Термін виконання	Відмітки про виконання
1	Літературний огляд	15.10.19 – 25.10.19	
2	Робота над першим розділом дипломної роботи	26.10.19 – 08.11.19	
3	Робота над другим розділом дипломної роботи	09.11.19 – 22.11.19	
4	Проведення експериментів	23.11.19 – 13.12.19	
5	Робота над четвертим та п'ятим розділами	14.12.19 – 27.12.19	
6	Формулювання висновків	02.01.20 – 09.01.20	
7	Оформлення дипломної роботи	10.01.20 – 01.02.20	
8	Захист дипломної роботи	03.02.20	

## 7. Консультанти з окремих розділів дипломної роботи

Розділ	Консультант (посада, П.І.Б.)	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	доц. кафедри Павлиш В.Д.		
Охорона навколишнього середовища	доц. Бовсуновський Є.О.		

8. Дата видачі завдання «14» жовтня 2019 р.

Керівник дипломної роботи \_\_\_\_\_

(підпис керівника)

Петюх Г.П.

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_

(підпис випускника)

Фіц Р.І.

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи «Використання фітотехнологій для ремедіації забруднених ґрунтів»: 1 рисунок, 5 таблиць, 52 сторінки, 43 джерела.

**Об'єкт дослідження** – процес фіторемедіації забруднених вод.

**Предмет дослідження** – організми які здатні до фіторемедіації

**Мета дипломної роботи** – вивчення особливостей ремедіації забруднених вод.

**Методи дослідження** – аналітичні

ФІТОРЕМЕДІАЦІЯ, ВОДНІ СИСТЕМИ , ПОЛЛЮТАНТИ,ОЧИСТКА ВОДИ ФІТОЕКСТРАЦІЯ, ФІТОФІЛЬТРАЦІЯ, , ФІТОСТАБІЛІЗАЦІЯ, НАФТА ТА НАФТОПРОДУКТИ, ВАЖКІ МЕТАЛИ, РЯСКА.

## ЗМІСТ

ЗМІСТ .....	5
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	8
ВСТУП .....	9
РОЗДІЛ 1 ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД .....	11
1.1 Основні показники та тенденції рівнів забруднення водних систем полютантами природного та антропогенного походження.....	11
1.2 Показники якості води .....	17
1.2.1 Фізико-хімічні показники якості води.....	17
1.2.2 Органолептичні показники .....	18
1.2.3 Бактеріологічні та паразитологічні показники .....	20
1.2.4 Радіологічні показники якості води .....	22
1.2.5 Неорганічні домішки .....	23
1.2.6 Органічні домішки .....	24
1.3 Способи очищення води .....	25
1.3.1 Фізичні способи очищення води .....	25
1.3.2 Хімічні способи очищення води.....	27
1.3.3 Біологічні способи очищення води .....	31
1.3 Механічні способи очистки.....	32
1.4 Недоліки стандартних способів очищення.....	33
1.5 Біоочищення стічних вод .....	34
1.7 Очистка води за допомогою фіторемедіації.....	37
1.8 Переваги та недоліки фіторемедіації.....	40

1.10 Ряска як фоторемедіатор водних систем.....	42
1.11 Висновки до розділу.....	44
<b>РОЗДІЛ 2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ .....</b>	<b>45</b>
2.1 Об'єкт дослідження .....	45
2.2 Методи дослідження.....	45
2.3 Опис матеріалів, необхідних для дослідження.....	45
2.4 Обробка зразків.....	45
2.5 Результати.....	47
2.5.1 Біоремедіація комунальних стічних вод.....	47
2.5.2 Біоремедіація промислових стічних вод .....	50
2.8 Висновки до розділу .....	51
<b>РОЗДІЛ 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА.....</b>	<b>52</b>
3.1 Рослинний матеріал та стан зростання .....	52
3.2 Проектування експериментів.....	53
3.3 Вимірювання концентрацій .....	54
3.4 Висновки до розділу .....	54
<b>РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ .....</b>	<b>57</b>
4.1 Небезпечні та шкідливі виробничі фактори при біоремедіації води.....	57
4.2 Технічні та організаційні заходи для зменшення рівнів впливу небезпечних та шкідливих факторів при біотехнологічних методах очистки води. ....	59
4.3 Забезпечення пожежної і вибухової безпеки при біотехнологічній очистки води.....	67
<b>РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА .....</b>	<b>71</b>

4.1 Теоретична частина. Утилізація осадів після ремедіації.....	71
4.2 Розрахунки.....	78
ВИСНОВКИ.....	82
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ТА ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	84

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

МОВ - методи очистки води ;

ГКФ - гранична концентрація фосфору;

ГКН – гранична концентрація нітрогену;

La - *L. aequinoctialis* ;

Sp - *S. polyrhiza*;

Lp - *L. punctata and* ;

Lt - *L. turionifer*;

ГДУ - Гранично допустимий рівень

ГДК - Гранично допустимі концентрації



## ВСТУП

### **Актуальність теми.**

Життєдіяльність людини забруднює повітря, ґрунти і водосховища, порушує біохімічні цикли.

Використовуються різноманітні отрути в господарстві, відходи транспорту, стоки мегаполісів, війни, видобуток корисних копалин.

Важкі метали накопичуються в рослинах і воді просувається по харчовому ланцюзі прямо до органів рослин і тварин, що спричинює тяжкі захворювання. Велика концентрація важких металів в організмі може призводити до наступних захворювань: рак, аутизм, гостра та хронічна ниркова недостатність, внутрішньоутробна загибель плоду, порушення обміну речовин, хвороби серцево-судинної та нервової систем.

Все частіше піднімається це екологічне питання. Але з появою фітореMediaції з'являється шанс вирішити його раз і назавжди.

### **Мета та задачі дослідження.**

Метою дослідження є: визначити, що таке біологічні методи очистки водних систем, її значення та види. Визначити особливості процесу переваги та недоліки. Розглянути представників роду ряски як фітореMediaторів.

- Проаналізувати літературні дані, щодо забрудненості водних систем та принципів їх очистки. Більш детально розглянути методи фітореMediaції води.
- Експериментально довести ефективність ряски в очищенні води від поллютантів.
- **Об'єкт дослідження** – процес фітореMediaції забруднених вод.
- **Предмет дослідження** – організми які здатні до фітореMediaції

- **Мета дипломної роботи** – вивчення особливостей ремедіації забруднених вод.
- **Методи дослідження** – аналітичні

# РОЗДІЛ 1

## ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД

### **1.1 Основні показники та тенденції рівнів забруднення водних систем політантами природного та антропогенного походження**

Вода - синонім життя. Велика частина поверхні Землі покрита морями і океанами. Наявність цієї дивовижної субстанції є неодмінною умовою існування всіх живих організмів на нашій планеті. Критично важливі водні ресурси і для нашої господарської діяльності.

Щорічно на земній кулі людиною витрачається 3300-3500 км<sup>3</sup> води. Велика частина з цього гігантського обсягу (близько 70%) йде на потреби сільського господарства. Без води не може обходитися целюлозно-паперова і хімічна промисловість, кольорова і чорна металургія, вона необхідна для забезпечення побутових потреб населення. Результатом нашої господарської діяльності є велика кількість стічних вод.

Стрімке зростання населення вже привело до того, що в деяких регіонах земної кулі прісної води стало не вистачати. Але це ще півбіди: забруднення гідросфери може позбавити нас і цих досить обмежених запасів.

Вже сьогодні значна частина водних ресурсів на планеті забруднена. Щороку людство продукує близько 400 млрд тонн відходів, значна частина з яких потрапляє в річки, моря і океани. Звичайно, природа здатна самовідновлюватися, але і для її захисних механізмів існують свої межі. Сьогодні забруднення гідросфери - одна з найсерйозніших проблем, що стоять перед людством, і якщо її не вирішити, то прийдешні країни будуть вести війни не за золото чи нафту, а за чисту воду.

**Органічні забруднювачі.** Органічні речовини складаються з складних вуглецевих сполук. Більшість органічних сполук - структурні компоненти живих організмів. Органічні речовини, небезпечні для навколишнього середовища, виникли в результаті людської діяльності в останні місяці.

**Вуглеводні.** Це сполуки вуглецю і водню.

Поліхлоровані біфеніли - стійкі неактивні сполуки, використовуються в якості гальмівних, охолоджуючих і ізоляційних рідин в трансформаторах і пом'якшувачах фарб. Поліхлорованих біфенілів багато, всі вони нерозчинні у воді. У багатьох країнах їх використання обмежене.

Інсектициди, такі як ДДТ, дуже небезпечні. Вони накопичуються в жировій тканині нижчих тварин, передаючись далі по харчовому ланцюгу.

**Мінеральні добрива.** Не всі мінеральні добрива токсичні, однак через інтенсивне використання можуть завдавати шкоди навколишньому середовищу. Це стосується в першу чергу до нітратів і фосфатів. Нітрати і фосфати призводять до цвітіння поверхневих водойм, в результаті чого концентрація кисню падає. Мікроорганізми, які розкладають водорості, активно поглинають кисень, внаслідок цього виникає дефіцит кисню у водоймі. Це називається евтрофікації.

**Метали.** Метали мають гарну електропровідність. Беруть участь в реакціях у вигляді позитивно заряджених іонів або катіонів. Метали виявляються в природних родовищах, де осідають під дією вулканічних сил. Вони можуть чинити серйозний шкідливий вплив на навколишнє середовище. Метали виявляються в поверхневих водах у вигляді стійких іонів. Штучно створені метали, отримані в результаті ядерних реакцій, дуже небезпечні і радіоактивні.

При з'єднанні металів з іншими іонами можуть утворитися токсичні продукти з'єднання. Беруть участь в реакціях електронного обміну з киснем, що призводить до формування небезпечних оксид-радикалів. Вони можуть

перетворюватися в неметали і, зв'язуючись з органічними речовинами, утворювати дуже токсичні ліпофільні сполуки, які часто відкладаються в жировій тканині тварин і людини. Метали можуть також зв'язуватися з великими клітинними молекулами в людському тілі. Найнебезпечніші і токсичні метали - важкі.

Метали неможливо розщепити до менш токсичних субстанцій, так як це цілісні нерозчинні речовини. Єдиний шлях організму боротися з ними - відкладати їх в тканинах, де вони не можуть заподіяти шкоду.

Метали мають гарну електропровідність. Беруть участь в реакціях у вигляді позитивно заряджених іонів або катіонів. Метали виявляються в природних родовищах, де осідають під дією вулканічних сил. Вони можуть чинити серйозний шкідливий вплив на навколишнє середовище. Метали виявляються в поверхневих водах у вигляді стійких іонів. Штучно створені метали, отримані в результаті ядерних реакцій, дуже небезпечні і радіоактивні.

**Радіоактивні ізотопи.** Ступінь небезпеки ізотопу залежить від періоду його напіврозпаду. Всі радіоактивні ізотопи отримані людьми в ядерній промисловості. При розпаді радіоактивного ізотопу можуть утворюватися чотири види частинок: альфа-, бета- або гамма-частинки і нейтрони.

Альфа-частинки здатні зруйнувати клітину при зіткненні, так як мають високу масу. Бета-частинки мають більшу проникаючу здатність, але меншу руйнівну силу. Гамма-промені мають високу проникність. Їх пошкоджує міць аналогічна бета-променям. Нейтрони вивільняються при ядерному розпаді і реагують з іншими елементами при зіткненні. Є основою ядерного ділення в реакторі.

Різні види радіації призводять до різних видів ушкоджень, так як енергія передається тканинам різними способами. Альфа-частинки можуть приносити в двадцять разів більше шкоди, ніж така ж кількість бета-частинок. Радіоактивні

частинки після зберігання протягом певного періоду поступово втрачають активність. Скільки саме часу - залежить від періоду напіврозпаду ізотопу.

### **Шлях потрапляння забруднювачів води в середовище.**

Стічні води - глобальне джерело забруднення навколишнього середовища. Побутові та промислові стоки скидаються в поверхневі водойми через каналізаційну систему. У деяких випадках промислові стоки скидаються безпосередньо в поверхневі води.

Побутові стічні води найчастіше містять папір, сечу, фекалії і синтетичні миючі засоби. Промислові стоки містять різні забруднювачі в залежності від виду промислової діяльності, з якої вони потрапляють. Забруднення важкими металами пов'язано з проведенням гірських і рудоплавильних робіт. Хлорофенолов і фунгіциди - з деревообробних комбінатів, інсектициди - з сільськогосподарських підприємств, що знищують комах; деякі органічні речовини - з хімічних виробництв; радіоактивні речовини - з атомних електростанцій.

На землі викид промислових відходів контролюється, але в прибережних нафта і марганець потрапляють безпосередньо в море. Радіоактивні відходи скидаються у воду в бетонних баках, для того, щоб мати можливість розкластися. Однак часто в процесі розпаду в бетонних баках з'являються дефекти. Представники підприємств часто транспортують відходи по морю, щоб потім нелегально скинути їх там.

Нафта потрапляє в воду з нафтових танкерів і при корабельних аваріях. Пестициди потрапляють в океан з річковою водою.

Під час зростання врожаю нітрати і фосфати всмоктуються рослинами. При розкладанні загиблих рослин вони проникають в ґрунт, а звідти в поверхневі водойми.

Крім навмисного забруднення води за допомогою скидання відходів, є і ненавмисне, наприклад, забруднюючі речовини потрапляють у воду з

атмосферними опадами. Пестициди легко проникають в воду саме таким чином, оскільки використовуються у вигляді аерозолів і розпилювачів. Забруднювачі, що зустрічаються на землі, можуть потрапляти у воду зі зворотним потоком, або з'являються в поверхневих водах з ґрунтових.

Найбільш помітний ефект забруднювання в невеликих внутрішніх морях і озерах; в океанах забруднювачі природним чином розбавляються в великому обсязі води, що неможливо в озерах. Тому багато що залежить від ступеня забруднення і від кількості опадів, так як опади очищають воду.

*Таблиця 1*

*Пріоритетні забруднювачі водних екосистем по галузях промисловості*

Галузь промисловості	Вид викидів	Шкідливість
Вугільна, металобробна, паперова	Викиди, які містять частки піску, породи та інші механічні домішки	Можуть порушувати природні екосистеми, санітарний режим, замулювати дно та берег
Машинобудівні Заводи, підприємства хімічної промисловості	Викиди, що утворюються внаслідок нейтралізації та очищення стічних вод	Довкілля забруднюється солями важких металів, ціанідами, кислотами, токсичними органічними та неорганічними сполуками
Рудозбагачення, вуглезбагачення, шкіряні заводи	Забруднення, які містять мікро- та макроелементи	Забруднення довкілля надмірною кількістю мікро- та макроелементів, в окремих випадках збудниками зайворювань; (шкіряні заводи)
Спиртові, цукрові, крохмало-паточні та інші заводи	Забруднення, які містять органічні сполуки рослинного та тваринного походження	Забруднення довкілля органічними сполуками, які легко загнивають, можуть викликати інфекційні захворювання

Далі надведено топ джерел забруднення водних систем:

1. **Хімічне забруднення** – забруднення як наслідок потрапляння разом зі стічними водами шкідливих органічних та не органічних домішок. Наприклад до першої групи відносяться – солі кислоти та луги. До другої відносяться миючі засоби нафтопродукти пестициди. Шкідливість підсилюється кумулятивним ефектом дія якого полягає у примноженні шкідливої сполуки для наступних ланок харчового ланцюга. Таким чином у мілкого рачка він дуже в

десять разів вищий ніж у фітопланктону, а в риби вода буде зашкалювати за 10 000 разів ніж у водорості. Для прикладу візьмемо балтійську тріску в одному кіло риби – 790 мг ртуті. Нищівної шкоди задає нафта так як вона здатна покривати поверхню води тонкою плівкою і перекривати газообмін атмосфери і води. Один літр нафти здатен покрити 10 кв.км. води. Також вона загущує мазутою дно океану тим самим вбиваючи мікробіологічні біоремедіатори. В наслідок гниття осадків які забруднюють дно річок і озер утворюється сірководень що є отруйною сполукою. Окрема частина забруднювачів це миючі засоби. Основним складником яких є фосфор, є причиною «цвітіння» водойм, в результаті якого вмирає риба. Крім того, близько 80 мільйонів тонн азоту добрива застосовуються у всьому світі на рік для досягнення максимального врожаю, та не більше 40% цієї суми зайнято сільськогосподарськими культурами. Решта хімікатів з часом потрапляє у водойми з прісною водою на шляху до океану. Надлишок агрохімічних добрив, насамперед азоту (N) та фосфору (P) - вважають основні причини евтрофікації. Ще одне джерело забруднювача води - це поживні речовини, що використовуються в швидко зростаючих системах аквакультури. Основними забруднювачами стічних вод є амоній та фосфор. Лише близько 15% N і 25% P з корму для аквакультури засвоюється рибою та креветками та невикористана частина накопичується у воді або в осаді.

2. **Фізичне забруднення** – як наслідок зростання кількості нерозчинних домішок – мул, пил, глина та пісок. Великі частинки забивають зябра риб, мілкі знижують прозорість води надають неприємний смак – вода перестає бути питною.

3. **Біологічне забруднення** заключається у попаданні разом зі стічними водами патогенних мікроорганізмів таких як – віруси і бактерії, або спори грибів та яйця червів. Найбільшим забрудником є комунальні стоки та відходи підприємств.



## 1.2 Показники якості води

Якість води характеризують такі параметри: загальні фізико-хімічні показники якості води, орагнолептичні показники, бактеріологічні і паразитологічні, радіологічні, показники неорганічних і органічних домішок, а також ряд інших параметрів, часто вживаних в водопідготовки. Багато з цих величин не нормуються і, тим не менш, важливі для оцінки фізико-хімічних властивостей води. Як правило, ці додаткові параметри не тільки безпосередньо визначають якість води, але, головним чином, містять інформацію, без якої неможливо підібрати оптимальну схему очищення води.

### 1.2.1 Фізико-хімічні показники якості води

Концентрацію вільних іонів водню показує водневий показник. Від залежить від рН та змінюється з швидкістю протікання хімічних реакцій, ступеня корозії, токсична забруднюча речовина і т.д. Особливо важливо контролювати рН на кожній стадії очищення води. Відхилення призводять до:

- зміни запаху,
- присмаку
- зовнішнього вигляду води
- впливає на ефективність водоочисних заходів.

Оптимальний рівень рН знаходиться в діапазоні від 6 до 9.

Жорсткістю називають властивість води, обумовлене наявністю в ній розчинних солей кальцію і магнію. Розрізняють такі види жорсткості:

**Загальна жорсткість** - визначається сумарною концентрацією іонів кальцію і магнію, являє собою суму карбонатної (тимчасової) і некарбонатних (постійної) жорсткості.

Карбонатна жорсткість - обумовлена наявністю у воді гідрокарбонатів і карбонатів (при  $pH > 8.3$ ) кальцію і магнію. Даний тип жорсткості майже повністю усувається при кип'ятінні води і тому називається тимчасовою жорсткістю.

**Некарбонатная жорсткість** - обумовлена присутністю кальцієвих і магнієвих солей сильних кислот (сірчаної, азотної, соляної) і при кип'ятінні не зникає (постійна жорсткість)

У світовій практиці використовується кілька одиниць вимірювання жорсткості, всі вони певним чином співвідносяться один з одним. У Росії Держстандартом в якості одиниці жорсткості води встановлений моль на кубічний метр (моль / м<sup>3</sup>). СанПіН рекомендує норму загальної жорсткості води - 7,0 мг-екв / л.

**Окислюваність** - це величина, що характеризує вміст у воді органічних і мінеральних речовин, що окислюються (за певних умов) одним з сильних хімічних окислювачів. Виражається цей параметр в міліграмах кисню, який пішов на окислення цих речовин, що містяться в 1 дм<sup>3</sup> води. Відповідно до вимог СанПіН перманганатная окислюваність не повинна перевищувати 5,0 мгО<sub>2</sub> / л.

### 1.2.2 Органолептичні показники

Органолептичні показники включають в себе параметри які включають в себе ті властивості які впливають на органи чуття - нюх, дотик, зір. Найбільш значимі з цих параметрів - смак і запах – не піддаються ніяким вимірам тому беруться експериментальним шляхом. Кольоровість, каламутність і прозорість – також органолептичні смаки.

**Запах і присмак.** Хімічно чиста вода абсолютно позбавлена смаків і запахів. З наукової точки зору, запах і присмак - це властивість речовин

викликати у людини і тварин специфічне подразнення рецепторів слизової оболонки носоглотки і мови. Присмак може бути лужний, металевим, терпким і т.п. Інтенсивність запаху води визначають експертним шляхом при 20°C і 60°C і вимірюють в балами. СанПіН нормує допустимість інтенсивності присмаку - 2 бали, запаху - 2 бали.

**Смак** - визначається розчиненими в ній речовинами органічного та неорганічного походження і розрізняється за характером і інтенсивності. До основних смаків відноситься:

- солоний,
- кислий,
- солодкий,
- гіркий.

Інші види називаються присмаками. Інтенсивність смаку визначається при 20°C і оцінка проводиться за допомогою п'ятибальної системи. СанПіН нормує допустимість інтенсивності смаку - 2 бали, запаху - 2 бали.

**Кольоровість.** Кольоровість є показником якості води, що охарактеризовує забарвленість води. Кольоровість вимірюється наступним чином порівнюють забарвленість експериментальної води з еталонами після чого записується градусами платиново-кобальтової шкали. Висока кольоровість свідчить про неблагополуччя води. СанПіН нормує допустимий показник кольоровості - 20 градус Pt-Co шкали.

**Каламутність.** Каламутністю води є наявність мілко дисперсні суспензії органічні та неорганічні частинки. Проблемою наднормові каламутності є знищення мікроорганізмів при ультрафіолетовому знезараженні, що в свою чергу є стимулом для росту бактерій.

**Прозорість.** Прозорість води є наявність кольору і мутності, наявністю забарвлених органічних і неорганічних частинок. Вода за ступенем прозорості поділяється на :

- прозору,
- слабопрозора,
- злегка каламутна,
- каламутна,
- сильно каламутна.

Визначення прозорості – є обов'язкою програмою спостереження за становищем водного об'єкта.

### **1.2.3 Бактеріологічні та паразитологічні показники**

Для виділення та ідентифікації окремих патогенних (хвороботворних) мікроорганізмів у воді використовується окрема методика ідентифікації, яка потребує великих витрат часу. Так як різноманітність бактерій, вірусів і найпростіших, які можуть бути виявлені у воді, дуже велике, специфічні тести на окремі патогенні організми неспроможні для рутинного аналізу мікробіологічного якості води. З практичної точки зору набагато важливіше часто і швидко виробляти один загальний тест шляхом пошуку деяких індикаторних організмів, спостереження за якими дозволяє контролювати мікробіологічне забруднення води.

**Загальне мікробне число.** Як критерій бактеріологічної забрудненості використовують підрахунок загального числа утворюють колонії бактерій (Colony Forming Units - CFU) в 1 мл води. Отримане значення називають загальним мікробним числом. Висока мікробне число свідчить про загальну бактеріологічної забрудненості води і про високу ймовірність наявності патогенних організмів. СанПіН нормує цей показател в 50 CFU.

**Коліформні організми** (загальні коліформи). Коліформні організми є зручними мікробними індикаторами якості питної води. Згідно з рекомендаціями СанПіН, коліформні бактерії не повинні виявлятися в системах

водопостачання з обробленою водою. Допускається випадкове потрапляння коліформних організмів в розподільчій системі, але не більше ніж в 5% проб, відібраних протягом будь-якого 12-місячного періоду. Присутність же коліформних організмів у воді свідчить про її недостатньою очищенні, вторинному забрудненні або про наявність у воді надлишкової кількості поживних речовин.

Термотолерантні коліформні бактерії. Бактерії цього типу являють собою групу коліформних організмів, здатних ферментувати лактозу при 44 - 45 ° С. Термотолерантні коліформні бактерії піддаються швидкому виявленню і тому відіграють важливу вторинну роль при оцінці ефективності очищення води від фекальних бактерій. Більш точним індикатором служить E.Coli (кишкова паличка), так як джерелом деяких інших термотолерантних коліформи можуть служити не тільки фекальні води. СанПіН рекомендує контрольним лабораторіям проводити точне визначення E.Coli в випадках виявлення великої кількості термотолерантних бактерій (при відсутності санітарних аварій), або, навпаки, в умовах, коли можливості комплексних мікробіологічних досліджень обмежені.

Фекальні стрептококи. Термін «фекальні стрептококи» відноситься до тих стрептококів, які зазвичай присутні в екскрементах людини і тварин. Фекальні стрептококи рідко розмножуються в забрудненій воді і тому можуть використовуватися при дослідженні якості води як додатковий індикатор ефективності очищення води. Крім того, стрептококи мають високу стійкість до висушування і можуть бути корисні для рутинного контролю після прокладки нових водопровідних магістралей або ремонту розподільної мережі, а також для виявлення забруднення поверхневими стоками підземних чи поверхневих вод.

Коліфаги. Коліфаги - це різновид бактеріофагів (вірусів бактерій, що заражають бактеріальну клітину, розмножуються в ній і часто викликають її загибель), що живуть в коліформних бактеріях. Бактеріофаги запропоновані як

індикатори якості води через свого подібності з кишковими вірусами (ентеровірусів) людини і легкості виявлення у воді.

Сульфітредукуючих клостридії. Спори клостридій здатні існувати у воді значно довше, ніж коліформні організми, і вони більш стійкі до знезараження. Їх присутність в минулому дезінфекцію воді може вказувати на її недостатню очистку і, отже, на те, що стійкі до знезараження патогенні мікроорганізми могли не загинути.

Лямблії. Лямблії - це найпростіший одноклітинний мікроорганізм, який існує в двох окремих морфологічних формах: цисти (статична форма) і трофозоїти (вільно живе форма). Вони стійкі до кислот, лугів, речовин, що містять активний хлор, і повністю інактивуються лише при кип'ятінні протягом не менше 20 хвилин. Саме в силу вищезгаданих причин нормами російського СанПіН і американського Агентства з охорони навколишнього середовища (USEPA) передбачається повна відсутність цих мікроорганізмів у питній воді. Відсутність у воді цист лямблій є важливим показником того, що вода очищена від цілого ряду інших найпростіших, таких як покояться стадії (ооцисти) *Cryptosporidium*, амеб, а також ентеровірусів.

#### **1.2.4 Радіологічні показники якості води**

Вплив іонізуючої радіації на людину обумовлено як природними, так і штучними джерелами випромінювання. Доза опромінення, одержувана людиною (тут і далі під дозою мається на увазі ефективна приведена доза), складається з двох складових - так званого зовнішнього опромінення (за рахунок джерел іонізуючого випромінювання, які перебувають поза тілом людини) і внутрішнього опромінення (за рахунок радіонуклідів, інакше кажучи - радіоактивних ізотопів, які перебувають в організмі людини). За даними ВООЗ середньосвітова доза опромінення, одержувана людиною за рахунок усіх природних джерел (як зовнішніх, так і внутрішніх), становить 2,4 мЗв / рік.

Основне надходження радіоактивних елементів в організм людини відбувається за рахунок дихання (газ радон зумовлює до 75% всього внутрішнього опромінення) і їжі. За рахунок питної води - трохи, так як природні радіоактивними ізопами (продукти розпаду урану і торію) зустрічаються в ній в дуже незначних кількостях. СанПіН встановив ряд показників радіологічного якості води.

Загальна  $\alpha$  (Alfa) - радіоактивність. Альфа-випромінювання набагато небезпечніше, коли джерело альфа-частинок знаходиться всередині організму. За СанПіН рекомендована величина 0,1 Бк / л в якості граничного значення загальної альфа-активності для цілей рутинного контролю радіологічної безпеки води.

Загальна  $\beta$  (Beta) - радіоактивність. Бета-випромінювання може призвести до опіків шкіри і дуже небезпечно, коли джерело бета-частинок потрапляє всередину організму людини. СанПіН позначають величину 1,0 Бк / л в якості граничного значення загальної бета-активності для цілей рутинного контролю радіологічної безпеки води.

### **1.2.5 Неорганічні домішки**

Гранично допустимі концентрації вмісту основних неорганічних речовин у питній воді:

- Алюміній (Al) - 0,5 мг / дм<sup>3</sup>
- Барій (Ba) - 0,1 мг / л
- Берилій (Be) - 1 мкг / л
- Бор (B) - 0,5 мг / дм<sup>3</sup>
- Ванадій (V) - 0,1 мг / л
- Вісмут (Bi) - 0,1 мг / л або 100 мкг / л

- Вольфрам (W) - 0,05 мг / дм<sup>3</sup>
- Європій (Eu) - 0,3 мг / л
- Залізо (Fe) - 0,3 мг / л (а за нормами ЄС навіть 0.2 мг / л)
- Кадмій (Cd) - 0,001 мг / дм<sup>3</sup>
- Срібло (Ag) - 0,05 мг / дм<sup>3</sup>.

### 1.2.6 Органічні домішки

Перелік органічних домішок у воді, наведений в СанПіН 2.1.4.559-96, містить сотні речовин. Наведемо показники, що характеризують граничні концентрації основних природних і штучних органічних речовин, що впливають на якість води (мкг / дм<sup>3</sup>).

- |  |                        |
|--|------------------------|
| • Чотирьохлористий Вуглець - 6                             | • Поліциклічечіє       |
| • Дихлорметан - 7,5  | Ароматичні Вуглеводні  |
| • 1,1,1-Дихлоретан - 10000                                 | • Бенз (А) Пірен - 0-5 |
| • Хлоровані Етилені  | • Хлоровані Бензоли    |
| • Вінілхлорид - 50   | • Монохлорбензол - 20  |
| • Ароматичечіє Вуглеводні                                  | • 1,2-Дихлорбензол - 2 |
| • Бензол - 10  | • Трихлорбензол - 30   |
| • Толуол - 500   | • Елементоорганічечіє  |
|  | З'єднання              |
| • Гептахлор І Гептахлорепоксід - 50                        |                        |
| • Хлорфеноксігербіциди (Крім 2,4-Д І МСРА) 2,4-ДВ 90 - 500 |                        |
| • Окремі Пестициди   |                        |
| • 1,2-Діхлорпропан - 400                                   |                        |
| • 1,3-Діхлорпропен - 400                                   |                        |
| • Тетраетілолово - 0,2                                     |                        |



- Трібутилметакрілатолово - 0,2
- Діалкілолово (З'єднання) - 2

### **1.3 Способи очищення води**

У річках та інших водоймах відбувається природний процес самоочищення води. Однак він протікає повільно. Поки промислово побутові скиди були невеликі, річки самі справлялися з ними. У наше індустріальне століття у зв'язку з різким збільшенням відходів водоймища вже не справляються з таким значним забрудненням. Виникла необхідність знешкоджувати, очищати стічні води і утилізувати їх.

Очищення стічних вод - обробка стічних вод з метою руйнування або видалення з них шкідливих речовин. Звільнення стічних вод від забруднення - складне виробництво. У ньому, як і в будь-якому іншому виробництві, є сировина (стічні води) та готова продукція (очищена вода). Очищення стічних вод - вимушене і дорогий захід, що представляє собою досить складну задачу, пов'язану з великою різноманітністю забруднюючих речовин і появою в їх складі нових сполук.

#### **1.3.1 Фізичні способи очищення води**

Серед безреагентних фізичних методів знезараження води найбільш вивчені ультрафіолетові промені. Крім того, відомий виражений бактерицидний ефект гамма-випромінювання, ультразвуку, імпульсного електричного розряду (ІЕР).

Знезараження води ультрафіолетовими променями засноване на впливі біологічно активної ультрафіолетової частини спектра на мікроорганізми. Ця

частина випромінювання в діапазоні довжин хвиль від 205 до 315 нм називається бактерицидною випромінюванням. Максимум бактерицидної дії доводиться на діапазон 250-270 нм.

Застосування ультрафіолетових променів для знезараження питної води до недавнього часу був обмежений через низьку гігієнічної надійності і недостатню економічну ефективність розроблених на початку 50-х років установок з бактерицидними лампами середнього тиску.

Ультрафіолетові промені можна використовувати для обробки води з кольоровістю до 50 градусів, мутністю до 30 мг / л і вмістом заліза до 5 мг / л.

Механізм бактерицидної дії ультрафіолетових променів полягає в незворотних пошкодженнях молекул ДНК і РНК мікроорганізмів, що знаходяться у воді. Фотохімічне вплив передбачає розрив або зміна хімічних зв'язків органічної молекули в результаті поглинання енергії фотона. В основі вторинних процесів лежить утворення вільних радикалів у воді, які посилюють бактерицидний ефект ультрафіолетових променів.

Ефективність обеззараживаючого дії ультрафіолетових променів залежить в першу чергу від біологічних особливостей і кількості мікроорганізмів в оброблюваній воді, фізико-хімічних показників води, а також умов, в яких здійснюється знезараження.

Водні мікроорганізми мають різну стійкість до дії ультрафіолетових променів. Експериментальні дослідження показали, що для отримання рівного бактерицидного ефекту при знезараженні води, що містить спорові мікроорганізми, бактерицидної енергії потрібно в 2-3 рази більше, ніж для вегетативних форм. Вегетативні форми мають різну стійкість до дії ультрафіолетових променів. Зокрема, патогенні мікроорганізми - збудники кишкових хвороб (черевного тифу, дизентерії та ін.) Більш чутливі до ультрафіолетових променів, ніж бактерії групи кишкових паличок. Дози опромінення, необхідні для інактивації 99,9% мікроорганізмів в лабораторних

умовах, коливаються від 5,2 (шигелла Флекснера) до 11 мДж / см<sup>2</sup> (вірус гепатиту А). Відмінності стійкості мікроорганізмів до дії ультрафіолетових променів потрібно враховувати при визначенні кількості бактерицидної енергії для ефективного знезараження.

Консервація питної води - це специфічний вид обробки, що дозволяє довго зберегти нормативні гігієнічні показники води. Для консервації питної води використовують ті ж прийоми і реагенти що і при знезараженні, вибираючи з них ті, які дають ефект післядії.

Також з метою знезараження води можна використовувати іонізуюче гамма-випромінювання, ультразвук, низьковольтний ІЕР.

### **1.3.2 Хімічні способи очищення води.**

Найбільш простим, надійним і широко поширеним методом знезараження води є її хлорування.

Для хлорування води застосовують газоподібний хлор, хлорне вапно, двоокис хлору, гідрохлорид кальцію, хлораміни. Для знезараження індивідуальних запасів води застосовуються хлорсодержащие таблетки: патоцид, аквасепт і ін.

Розрізняють декілька способів хлорування води:

1. Хлорування нормальними дозами (доза хлору встановлюється за величиною хлорпоглощаємості і санітарній нормі залишкового хлору).
2. Хлорування з аммонізацією (в воду одночасно вводять хлор і аміак для освіти хлораминов).
3. Гіперхлорування (доза хлору значно перевищує хлорпоглощаємость води, під якою розуміють ту кількість хлору, яке витрачається в процесі хлорування 1 л води протягом 30 хв на окислення органічних речовин, що легко окислюються неорганічних речовин і з'єднання з протоплазми бактеріальних

клітин. Для забезпечення надійності знезараження необхідно, щоб після завершення процесу хлорування в воді містився залишковий хлор в таких кількостях: 0,3-0,5 мг / л вільного залишкового хлору (у вигляді хлорноватистої кислоти) при нормальному хлоруванні і 0,6-1,0 мг / л пов'язаного хлору (у вигляді хлораминов) під час хлорування з амонізацією. Необхідна доза хлору при хлоруванні нормальними дозами визначається в кожному випадку шляхом проведення пробного хлорування, з урахуванням хлоропоглинаємості води.

Мінімальний час контакту хлору з водою під час хлорування нормальними дозами становить влітку не менше 30 хв; взимку при низькій температурі час контакту збільшується до 1 ч.

Знезараження води озоном. Механізм бактерицидної дії озону полягає в інактивації бактеріальних ферментів, незворотному порушенні структури ДНК клітини атомарним киснем, що утворюється при розпаді озону.

При обробці води озоном в ній утворюються продукти озоноліза органічних речовин у вигляді альдегідів, кетонів, низькомолекулярних карбонових кислот; серед них найбільш актуальне формальдегід. Небезпека продуктів озоноліза зростає в разі комбінації в схемі обробки води озонування та подальшого хлорування. При цьому утворюються хлоровані продукти озоноліза з мутагенними і канцерогенними властивостями.

Переваги озону перед хлором при знезараженні води полягають у тому, що озон не утворює у воді сполук, подібних хлорорганічним, покращує органолептичні властивості води і забезпечує бактерицидний ефект при меншому часі контакту. Широке впровадження озонування в практику обробки води стримується високою енергоємністю процесу отримання озону; озонування на порядок дорожче хлорування.

Інші бактерицидні речовини, які використовуються для знезараження води. Практичний досвід знезараження води сріблом накопичувався людством протягом кількох століть. Роботами вітчизняних і зарубіжних вчених

встановлено високий бактерицидний ефект срібла вже в концентрації 0,05 мг / л; ефективні робочі концентрації 0,2-0,4 мг / л і вище. Антимікробну дію срібла охоплює багато видів бактерій і віруси, але віруліцидний ефект проявляється тільки при високих, вище 0,5 мг / л, концентраціях, а спороцидну дію срібло не надає.

Механізм бактерицидної дії срібла полягає в блокуванні функціональних груп ферментних систем клітини, розташованих в мембрані цитоплазми і в Периплазма.

Застосування срібла для знезараження питної води стримують його висока вартість, а також ту обставину, що його ГДК в воді, встановлена по токсикологічному ознакою шкідливості, становить 0,05 мг / л, що на порядок нижче ефективних по бактерицидній дії концентрацій. У зв'язку з цим срібло застосовується для знезараження і консервації невеликих обсягів питної води в системах автономного життєзабезпечення.

Для знезараження питної води використовують олігодінамічеській ефект іонів міді. Антимікробні спектри срібла і міді збігаються, але діючі концентрації міді вище, і бактерицидний ефект розвивається повільніше.

Для знезараження індивідуальних або невеликих групових запасів питної води в польових умовах використовують препарати йоду, які, на відміну від препаратів хлору, діють швидше і не погіршують органолептичні властивості води. Бактерицидний ефект забезпечується при концентрації йоду 0,3-1 мг / л, віруліцидний - 0,5-2 мг / л при експозиції 20-30 хв.

Серед безреагентних фізичних методів знезараження води найбільш вивчені ультрафіолетові промені. Крім того, відомий виражений бактерицидний ефект гамма-випромінювання, ультразвуку, імпульсного електричного розряду (ІЕР).

Знезараження води ультрафіолетовими променями засноване на впливі біологічно активної ультрафіолетової частини спектра на мікроорганізми. Ця

частина випромінювання в діапазоні довжин хвиль від 205 до 315 нм називається бактерицидною випромінюванням. Максимум бактерицидної дії доводиться на діапазон 250-270 нм.

Застосування ультрафіолетових променів для знезараження питної води до недавнього часу був обмежений через низьку гігієнічної надійності і недостатню економічну ефективність розроблених на початку 50-х років установок з бактерицидними лампами середнього тиску.

Ультрафіолетові промені можна використовувати для обробки води з кольоровістю до 50 градусів, мутністю до 30 мг / л і вмістом заліза до 5 мг / л.

Механізм бактерицидної дії ультрафіолетових променів полягає в незворотних пошкодженнях молекул ДНК і РНК мікроорганізмів, що знаходяться у воді. Фотохімічне вплив передбачає розрив або зміна хімічних зв'язків органічної молекули в результаті поглинання енергії фотона. В основі вторинних процесів лежить утворення вільних радикалів у воді, які посилюють бактерицидний ефект ультрафіолетових променів.

Ефективність обеззараживаючого дії ультрафіолетових променів залежить в першу чергу від біологічних особливостей і кількості мікроорганізмів в оброблюваній воді, фізико-хімічних показників води, а також умов, в яких здійснюється знезараження.

Водні мікроорганізми мають різну стійкість до дії ультрафіолетових променів. Експериментальні дослідження показали, що для отримання рівного бактерицидного ефекту при знезараженні води, що містить спорові мікроорганізми, бактерицидної енергії потрібно в 2-3 рази більше, ніж для вегетативних форм. Вегетативні форми мають різну стійкість до дії ультрафіолетових променів. Зокрема, патогенні мікроорганізми - збудники кишкових хвороб (черевного тифу, дизентерії та ін.) Більш чутливі до ультрафіолетових променів, ніж бактерії групи кишкових паличок. Дози опромінення, необхідні для інактивації 99,9% мікроорганізмів в лабораторних

умовах, коливаються від 5,2 (шигелла Флекснера) до 11 мДж / см<sup>2</sup> (вірус гепатиту А). Відмінності стійкості мікроорганізмів до дії ультрафіолетових променів потрібно враховувати при визначенні кількості бактерицидної енергії для ефективного знезараження.

Консервація питної води - це специфічний вид обробки, що дозволяє довго зберегти нормативні гігієнічні показники води. Для консервації питної води використовують ті ж прийоми і реагенти що і при знезараженні, вибираючи з них ті, які дають ефект післядії.

Також з метою знезараження води можна використовувати іонізуюче гамма-випромінювання, ультразвук, низьковольтний ІЕР.

### **1.3.3 Біологічні способи очищення води**

Дана технологія передбачає деградацію органічних елементів за допомогою мікроорганізмів (бактерій і найпростіших). На цьому етапі відбуваються мінералізація стоків, видалення органічного фосфору й азоту. Головною метою є зниження біопотреблення кисню (БПК).

Виділяють аеробні та анаеробні методи біологічної очистки стічних вод. Відповідно, використовуються мікроорганізми, що регулюють метаболічні процеси яких необхідний кисень, і мікроорганізми, в метаболізмі яких він не бере.

З точки зору технологій розрізняють кілька варіантів біоочищення:

- активний мул (аеротенки);
- анаеробне бродіння (метантенки);
- біофільтри.

Первинні відстійники, куди при біологічному очищенні потрапляє вода, використовуються для осадження зважених органічних речовин. Вони являють собою залізобетонні резервуари діаметром 40-54 метра і глибиною п'ять метрів.

В їх центри подаються стоки (знизу), осад переміщається в центральний прямокутний скребками, що проходять по всій нижній площині резервуара, а спеціальний поплавач зверху збирає всі забруднення, які легші за воду, в бункер.

Крім того, в біологічному очищенні стоків після аеротенків і первинних відстійників використовується друга лінія радіальних відстійників. У них знаходяться Ілососи (пристрої для вакуумного очищення). Вони застосовуються для очищення дна вторинних відстійників від активного мулу.

Також варто відзначити, що після біологічної очистки промислових і господарських стоків в обов'язковому порядку використовується дезінфекція. Вона здійснюється за допомогою хлорування, озонування або ультрафіолетового опромінення. Даний процес дозволяє знезаразити воду від шкідливих бактерій і мікроорганізмів.

### **1.3 Механічні способи очистки**

Механічне очищення стічних вод на увазі відділення в очищаються стоках твердих і зважених часток. Найчастіше принцип механічної очистки використовується в підготовці відпрацьованих стоків до їх подальшої тоншої фізико-хімічної або біологічної очистки. Механічні методи очищення стічних вод бувають декількох різновидів.

Проціджування є первинною сходинкою в обробці стічних вод. Шляхом пропускання стічних вод через спеціальні сталеві решітки з них витягуються великі нерозчинні домішки і більш дрібні волокнисті фракції. Потім ці решітки підлягають очистці від осаду, а очищені стоки йдуть на наступний щабель очищення.

Відстоювання полягає у видаленні з відпрацьованих стоків зважених часток. Під дією сил гравітації ці частинки осідають на дно відстійника,



виштовхують сили потім піднімають їх на поверхню. За даним принципом працюють пісколовки, відстійники, освітлювачі, нафтоуловлювачі. У пісколовках з стічних вод виділяються важкі мінеральні домішки. Пісок, дрібні камені і інші речовини, випавши в осад на дні ємності, видаляються шляхом скидання осаду. Час фільтрації становить близько 1-2 хвилини. У відстійниках час перебування води - 1,5-2 години. Залежно від руху води ці установки очищення стічних вод бувають вертикального, горизонтального, радіального і комбінованого типу. В процесі виділяються речовини більш дрібної фракції - менш 0,25 мм. В основі освітлювачів лежить і технологія відстоювання, і технологія проходження через шар зважених часток.

Фільтрування полягає у видаленні зважених речовин із стічних вод в результаті пропускання їх через пористий матеріал або спеціальну сітку з дуже маленькими отворами. Як фільтрувальних матеріалів використовують гравій, кварцовий пісок, антрацит і інші породи. В процесі фільтрації очищаються стоки з великим вмістом тонкодисперсних твердих домішок.

Центрифугування має на увазі під собою очищення стічних вод в спеціальному обладнанні - гідроциклонах. Це установки очищення стічних вод без напору і напірного дії, де відбувається сепарація твердих частинок в потоці рідини, що обертається. Така станція очистки стічних вод відрізняється високою продуктивністю, компактністю, невеликими витратами на будівництво, можливістю автоматизації процесів.

#### **1.4 Недоліки стандартних способів очищення**

Переваги та недоліки механічного методу очищення води:

- перевагою механічного методу є його низька собівартість;
- недолік механічного методу - низький рівень очищення.

Переваги та недоліки хімічного методу очищення води:

- перевага хімічного методу - висока ефективність при великих обсягах води;
- недолік хімічного методу - використання хімічних реактивів.

Переваги і недоліки фізико-хімічного методу очищення води:

- переваги фізико-хімічного методу - висока продуктивність;
- недоліки фізико-механічного методу - висока собівартість.

Переваги та недоліки біологічного МОВ:

- переваги біологічних методів - відсутність хімії;
- недоліки біологічних методів: необхідність у великих земельних ділянках.

## **1.5 Біоочищення стічних вод .**

Розрізняють методи природної і штучної біологічної очистки.

В методах природною біоочищення використовуються природні процеси самоочищення, що протікають в ґрунтових, водних, рослинних екосистемах і супроводжуються утримуванням, зв'язуванням, перенесенням, трансформацією, мінералізацією забруднень. Природні споруди часто служать для доочищення стічної води перед її попаданням в водойми.

В залежності від процесів, що протікають розрізняють системи аеробного і анаеробної біологічної очистки. Споруди штучної біологічної очистки включають і аеробні, і анаеробні системи. За характером використовуваних біоценозів ці споруди можна класифікувати на системи з активним мулом, з

біоплівки і комбіновані . Основними спорудами аеробного біологічного очищення з активним мулом є аеротенки. Аеротенк зазвичай працює в парі з вторинним відстійником, де відбувається поділ очищеної стічної води на виході з аеротенках і суспензії активного мулу. При цьому частина мулу видаляється з системи, а частина (поворотний, рециркулюючий мул) повертається в аеротенк для підвищення його продуктивності і скорочення кількості надлишкового мулу.

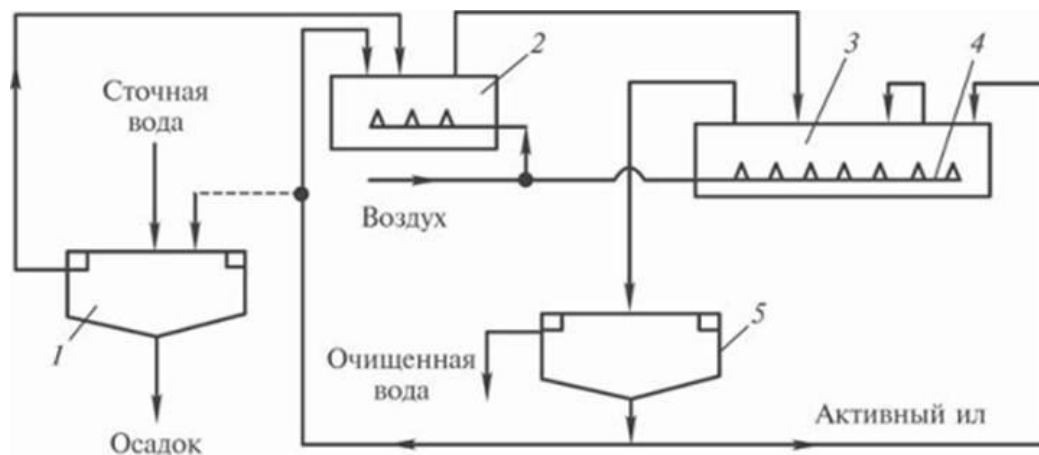


Рис. 1.12. Принципи функціонування аеробних методів очищення

До споруд біологічного очищення з активним мулом відносяться також оксітенк (з аерацією повітрям, збагаченим киснем або чистим киснем), фільтротенк і мембранні біореактори (з відкачуванням стічної води з аеротенках через фільтр або мікрофільтраційних мембрану, що затримують активний мул в аеротенках), окисні канали (з циркуляцією стічної води та системами поверхневої аерації), шахтні апарати (у вигляді шахт або колон для підвищення тиску води), аероакселератори (аеротенк, поєднаний із вторинним відстійником)

У реакторах з біоплівки очищення проводиться на поверхні завантажувальних матеріалів або на поверхні носіїв, покритих біоплівки з мікроорганізмів і позаклітинних продуктів їх життєдіяльності.

З систем аеробного очищення з біоплівки найчастіше застосовують біофільтри (70% всіх очисних споруд в Європі).

Проміжне становище між спорудами з активним мулом і з біоплівки займають біотенках, біосорбери, реактори зі зваженим (псевдозрідженим) шаром, що поєднують переваги і аеротенків, і біофільтрів. У біотенках з аерацією рідини, з активним мулом і завантаженням з різних матеріалів рідина з мулом циркулює і аерується в зазорах між завантаженням.

Системи анаеробної очистки застосовують для зброджування висококонцентрованих стоків, опадів, мулу, в тому числі активного мулу очисних споруд. Процеси з використанням традиційних споруд найчастіше здійснюються в анаеробних лагунах, септітенках (септиках), метантенках, контактних біореакторах.

В анаеробних лагунах, що представляють собою один відстійник або систему відстійників, стоки перебувають від декількох тижнів до 2 міс, що утворюються гази вільно виділяються в атмосферу .

Септитенки - горизонтальні відстійники закритого типу, в яких утворився на дні осад твердих частинок перегниває і розкладається анаеробними мікроорганізмами.

В метантенках, на відміну від септитенків, здійснюються перемішування, обігрів, контроль основних параметрів (температури, складу сировини, інтенсивності завантаження апарату і ін.). Процес очищення протікає більш інтенсивно, ніж в септітенках. Вирізняється біогаз збирають і використовують.

В контактних апаратах очищення відбувається в реакторі з перемішуванням з використанням вторинного відстійника для відділення мулу, що повертається в біореактор. За принципом дії ці системи аналогічні

аеротенках з вторинними відстійниками із здійсненням процесу очищення в анаеробних умовах.

В останні десятиліття були розроблені і почали широко впроваджуватися в помисловості більш досконалі, ніж з використанням традиційних споруд, методи анаеробної очистки.

У порівнянні з іншими методами біологічна очистка характеризується меншими експлуатаційними витратами, простотою в експлуатації, універсальністю, відносно невеликим утворенням малотоксичних і нетоксичних вторинних відходів (III, IV класу небезпеки) і дозволяє очищати великі кількості стічних вод різного складу.

Недоліки біологічного очищення обумовлені високими капітальними витратами на спорудження очисних систем, чутливістю і невеликим діапазоном допустимих змін параметрів навколишнього середовища ( $t^{\circ}$ , рН, концентрація токсичних домішок), необхідністю суворого дотримання технологічного режиму очищення, биостійкістю деяких органічних речовин і їх токсичністю для біоценозу активного мулу, необхідністю переднього розведення висококонцентрованих токсичних стоків, що призводить до збільшення потоку стічної води, відносно низькими швидкостями розкладання забруднень в біологічних реакціях в порівнянні з процесами, що протікають при використанні фізичних, фізико-хімічних і хімічних методів, і як наслідок, потребою у великих площах під очисні споруди.

### **1.7 Очистка води за допомогою фітореємедіації**

Фітореємедіація - комплекс методів очищення ґрунтів, вод і атмосферного повітря з за допомогою рослин.

Вперше наукові дослідження проводилися в Ізраїлі на початку 50-х років, але більш детальні методики були розроблені вже після 80-х років

минулого століття. З'являється термін « фіторе mediaція навколишнього середовища» зміст якого відновлення антропогенного порушених екосистем з використанням рослин. Життєдіяльність людини забруднює повітря, ґрунти і водосховища, порушує біохімічні цикли.

Використовуються різноманітні отрути в господарстві, відходи транспорту, стоки мегаполісів, війни, видобуток корисних копалин.

Важкі метали накопичуються в рослинах і воді просувається по харчовому ланцюзі прямо до органів рослин і тварин, що спричинює тяжкі захворювання. Велика концентрація важких металів в організмі може призводити до наступних захворювань: рак, аутизм, гостра та хронічна ниркова недостатність, внутрішньоутробна загибель плоду, порушення обміну речовин, хвороби серцево-судинної та нервової систем.

Самі технологія заснована на вмінні рослин видаляти важкі метали з ґрунту перетворюючи їх в метаболітів. Таким чином рослини здатні виключити дві ланки цього ланцюга, захищаючи організм людини від тяжких захворювань.

Виходячи з цього фіторе mediaція – ефективна та вигідна технологія заснована на використанні рослин та мікроорганізмів деструкторів.

Рослинно мікробна асоціація – симбіоз, має великі переваги для виживання в навколишньому середовищі з несприятливими умовами. Головним етапом є вибір правильної рослини, яка буде підходити по всім параметрам. На даній час якогось розробленого алгоритму не існує.

Рослини використовують в тих чи інших умовах залежно ціни насінного матеріалу від їх можливості рости на забруднених територіях.

Сучасні технології фіторе mediaції ґрунтуються на ряді методів - це фітоекстракція, ризофільтрування, фітодеградація, фітоволоталізація й ін.

Для очистки водних систем використовуються наступні методи.

Фітоекстракція зазвичай використовуються для очищення водою від важких металів і радіонуклідів. Її основою особливістю є поглинання

забруднювачів коренем та переніс її в верхні органи рослини. Після цього наземні органи потребують певної обробки, зазвичай таку біомасу компостують. Для визначення ефективності використовують співвідношення концентрації важких металів у воді та самій біомасі рослин.

Фітостабілізація це нагромадження і ізоляція заоруднювачів рослиною. Існують різні випадки такі як абсорбція корінням й або нагромадження в самій рослині, адсорбція та нагромадження в прикореневій зоні, гарно виводять тяжкі метали з вод.

Фітовипар – в процесі підтримки водного балансу рослини витягують нафту і нафтопродукти. Недоліком є транспірація випарів нафти повітря.

Фітоволоталізація – це процес випару води рослиною. В ході якої мікроелементи які потрапили через корінь випаровується в атмосферу. Гарно придатна для очищення води від органічних забруднювачів. Мінусом є вторинне забруднення атмосфери у випадку очищення води від токсичних політантів. Тому її не використовують для очистки води від нафтової плівки.

З вищесказаного можна винести, що рослини є не тільки основним джерелом їжі кисню та тепла, кормами для худоби, матеріалами для будівництва та багато чого іншого. Але вони є невід'ємною частиною очистки середовища від відходів життєдіяльності людини.

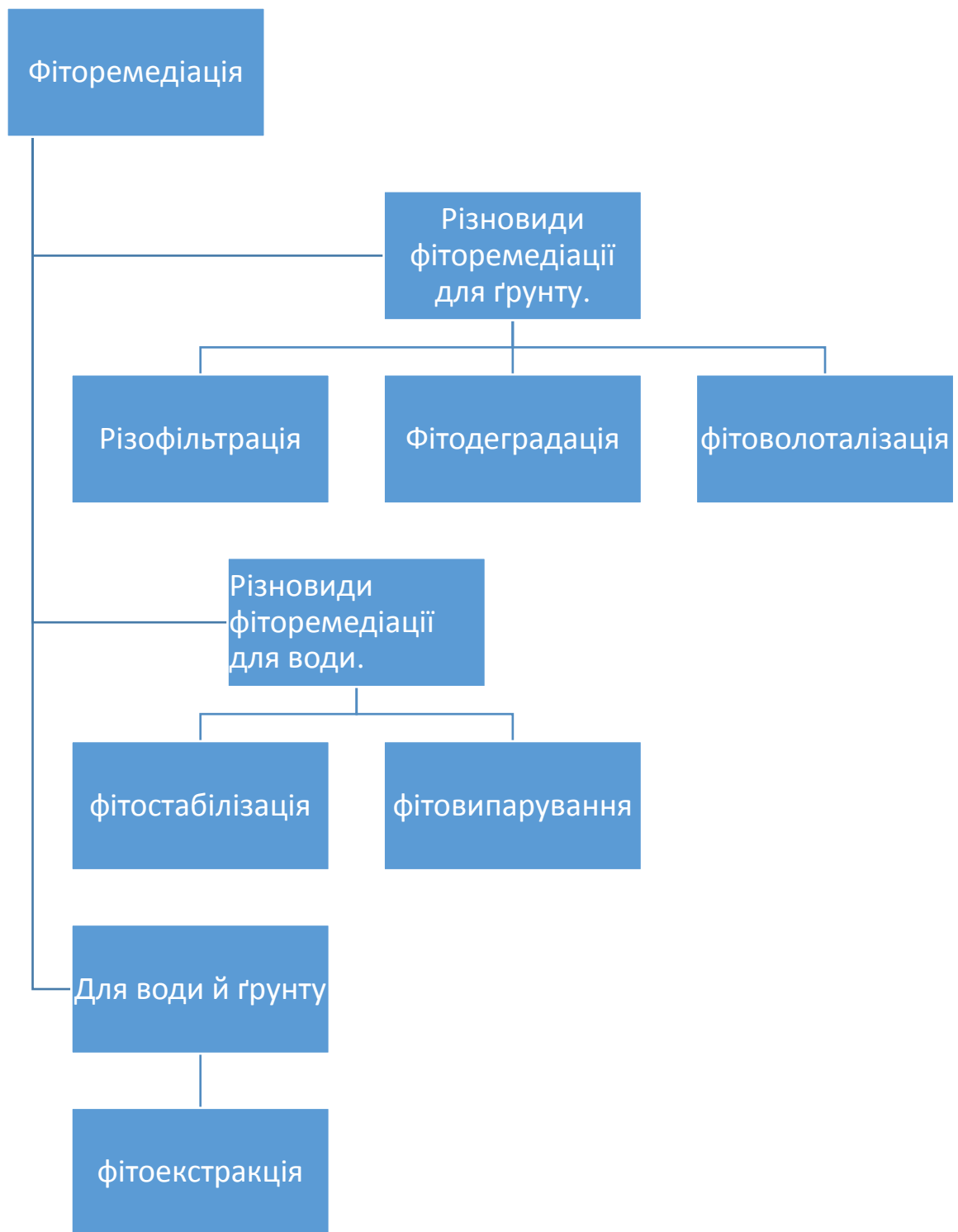


Схема 1. Види фіторемедіації екосистем

### 1.8 Переваги та недоліки фіторемедіації



Відомі різні способи відновлення порушених екосистем. Механічний витяг, видалення й ізолювання (складування), наприклад, забруднених важкими металами, нафтою, ядохімікатами ґрунтів. Існують фізичні й хімічні (електрокінетичні, промивання, стабілізація, окислювання або відновлення) методи очищення навколишнього середовища. Слід зазначити, що ці способи найчастіше малоефективні й надмірно дорогі, до того ж вони, як правило, приводять до вторинного забруднення навколишнього середовища. Крім того, згадані підходи можуть бути ефективні на невеликих локальних територіях забруднення. Для хімічного й фізичного редукування сміття й забруднень потрібні величезні фінансові витрати, що утрудняє реалізацію «зелених» програм. Щоб знищити гори індустріального сміття, очистити заражений ґрунт і отруєні води вчені пропонують вийти з матеріально обтяжного положення, скориставшись доступними природними засобами. Ідея полягає у висаджуванні на уражених територіях рослин, які здатні до фіторемедіації, що набагато дешевше, ніж будівництво спеціальних очисних споруджень, і до того ж максимально екологічно. Економічна ефективність фіторемедіації є, мабуть, самим вагомим аргументом на користь даної технології. Біологічний спосіб відновлення антропогенно порушених екосистем є найбільш економічним і безпечним. Наприклад, індійський вчений-еколог М. Н. Прасад підрахував, що вартість очищення ґрунтів забруднених важкими металами, радіонуклідами, нафтою й пестицидами за допомогою рослин, що використовують тільки енергію сонця, становить усього п'ять відсотків від витрат на інші способи відновлення екосистем. Американські дослідники також підраховали, що відновлення звичайним способом одного акра (0,4 га) ґрунту, забрудненим ртуттю до глибини 50 див, у середньому обходиться від 400 тис. до 1млн 700 тис. доларів США, тоді як застосування фіторемедіаційної технології коштує від 60 до 100 тис. Різниця в ціні красномовна. Отже, виявлення із природної флори регіонів видів рослин, здатних до акумуляції ксенобіотиків, є перспективним завданням,

що стоїть їй перед ученими нашої країни. Існують види рослин, що накопичують надлишок важких металів, а також види, що акумулюють пестициди й руйнують їх до нешкідливого стану. Відомі так звані рудеральні рослини, що виростають на забруднених, непридатних територіях: сарептська гірчиця, ярутка, бурячок, коноплі, лобода й ін. Виявлено, що деякі дикі злакові рослини також пристосовані до забруднених умов ґрунту важкими металами. Сьогодні інженерні методи очищення забруднених нафтою ділянок землі обходяться північноамериканським нафтовим компаніям у суму від 10 до 1000 доларів США за кубометр ґрунту.

### **1.10 Ряска як фоторемедіатор водних систем**

Ряска - це група водних рослин, що мають потенціал очищення стічних вод та швидкого накопичення біомаси. Накопичена біомаса, багата на целюлозу, крохмаль та білки, може використовуватися для біопалива, біодобрива, кормів для тварин та їжі для людей. Характеристика природного біорізноманіття видів ряски має важливе значення для збереження зародкових плазм та різних практичних застосувань. Ми збрали зразки ряски на сході Китаю та охарактеризували біорізноманіття видів шляхом генотипування, використовуючи хлоропласт (розпірки *atpF-atpH* та *psbK-psbI*). Спіродела поліріза виявлена як чітко домінуючий вид ряски у всіх місцях району.

Інші види ряски були визначені як *Landoltia punctata*, *Lemna aequinoctialis* і *Lemna turionifera*. Вибрані ізоляти цих чотирьох видів були використані в експериментах для оцінки їх потенціалу у видаленні азотних та фосфорних поживних речовин з муніципальних та промислових стічних вод, відібраних на місцевих стічних водах. Ряска змогла знизити концентрацію азоту до 98%, а фосфору - до 96%. Представлені дані демонструють високу ефективність

місцевих ізолятів ряски для біоремедіації різних типів стічних вод та великий потенціал ряски для очищення стічних вод при їх включенні в ланцюг очищення.

**Місце проживання.** Ця рослина росте практично на всій планеті, але тільки в помірно теплих місцях. Часто Ряску можна зустріти на території Росії в озерах або повільних річках, ставках.

**Морфологія рослини.** Ряска мала відноситься до поверхневих акваріумних рослин. Колір від світлого до темно зеленого. Стебло відсутня. Кореневище слабе і виглядає у вигляді ниточок в 5мм довгою виходять з центру листків. У деяких випадках корінець може вирости до 10см. Листки мають округлу форму і досягають 5мм в окружності. Кількість листочків може варіювати від 3 до 4-х рідко до 5.

**Умови утримання.** Зміст Ряски малої не представляє великих труднощів, т.к рослина не примхливо до параметрів води. Кислотність, жорсткість води не мають значення, діапазон коливання температур досить широкий - від 12 до 30 ° С. Коливання температури рослиною переноситься добре. Єдина вимога Ряски це хороше освітлення в акваріумі. Світловий день повинен бути тривалістю не менше 12 годин на добу. Інтенсивність освітлення 0,4 Вт / л. Бажано освітлення будувати з ламп люмінесцентного типу. Якщо за ряскою не стежити, вона може затягнути всю водну поверхню в вашому акваріумі, як це часто відбувається з природними водоймами. Щоб позбутися від надмірної кількості Ряски потрібно: зібрати Ряску з поверхні акваріума за допомогою сачка. Верхнє освітлення потрібно відключити приблизно на тиждень, тимчасово забезпечивши бічне. У цей період зазвичай ряска гине. Ряску можна використовувати в якості додаткового корму або укриття для малюків. Корм готують з Ряски шляхом її сушіння і розтирання в дрібний пил, за тим додають в раціон харчування акваріумних рибок.

**Розмноження.** Ряска мала розмножується за допомогою дочірніх пагонів, дуже рідко цвіте. Утворюється листочок зі своїм корінцем, а потім просто відщеплюється від рослини батька.

### **1.11 Висновки до розділу**

Ми бачимо, що стандартні методи очистки досить різноманітні, але, їх розвиток не встигає за еволюцією забруднювачів, які стають все більш різноманітними слідом стрімкому розвитку науково-технічного прогресу.

Так само один важливий момент - очисні споруди є для людей найважливішим елементом життєзабезпечення, тому вони повинні бути надійно захищені від вандалів і терористів.

## **РОЗДІЛ 2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ**

### **2.1 Об'єкт дослідження**

Здатність *Spirodela polyrhiza*, *Landoltia punctate*, *Lemna turionifera* та *Lemna aequinoctialis* для очищення води від поллютантів.

### **2.2 Методи дослідження**

**Аналітичні, біологічні, біофізичні, математичні.**

### **2.3 Опис матеріалів, необхідних для дослідження**

У цьому дослідженні було зібрано чотири види ряски, які використовувались у різних місцях на сході Китаю.

Ідентичність зібраних екотипів ряски визначали за допомогою штрихкодування ДНК, використовуючи праймери, специфічні для інтергенного хлоропласта для інтергенного просторопластового FF-atpH (АТР) та psbK-psbL (PSB), як описано раніше. Після ідентифікації видів за допомогою штрихкодування, їх стерилізували поверхнево в розчині, що містить 0,5% розчину гіпохлориту натрію та 0,1% бромиду бензалконію, і промивали автоклавною водою. [24] Процедуру повторювали через 2 дні, а обкладинки наносили на тверде агарове середовище, доповнене солями SH

### **2.4 Обробка зразків**

Для отримання біомаси ряски для очищення стічних вод чотири види ряски вирощували в асептичному стані в колбах по 500 мл, що містять рідке середовище 200 мл з 5 г / л сахарози.

Рослини культивували протягом двох тижнів в інкубаторі при  $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$  з щільністю потоку фотона  $50 - 60\text{ }\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ , забезпеченою холодними білими люмінесцентними лампами в 16 годин світла/8 годин темного циклу .

Перед перенесенням у стічні води, ряску збирали, ретельно промивали дистильованою водою та промокали фільтрувальним папером. Листя зважували, і 2 г рослинного матеріалу або поміщали в пластикові ємності, наповнені 200 мл стічних вод, фільтрували фільтрувальним папером середньої щільності, або поміщали в термостат для висихання протягом 2 днів при  $85\text{ }^{\circ}\text{C}$  - для визначення сухої ваги . Зразки комунальних та промислових стічних вод (стічні та стокові води) були зібрані відповідно з місцевої комунальної каналізаційної станції Хуайя (33.629349, 119.044762) та промислової каналізації (N 33.381293, E 118.993329) відповідно.

Всі випробування проводилися в чотири повтори для кожної умови. Дистильовану воду додавали кожні 2 дні до кожної ємності, щоб підтримувати стабільний рівень води. Зразки води були взяті в різні моменти часу для перевірки загальної концентрації азоту (TN) та загальної концентрації фосфору (TP). Після закінчення експерименту ряску збирали, промивали дистильованою водою та перевіряли на суху масу, як згадувалося вище.[24]

### **2.3. Вимірювання концентрацій TP і TN**

Концентрацію TP (TP, мг / л) вимірювали за допомогою молібдатів амонію - пекторофотометричний метод, що використовується для моніторингу та аналізу води та стічних вод у Китаї. Концентрацію TN (TN, мг / л) визначали за

допомогою стандартного лужного калію персульфату калію з подальшою УФ-спектрофотометрією.

## 2.5 Результати

### Ідентичність штамів ряски.

Чотири види ряски, використані в експериментах наших колег, були зібрані в різних місцях на сході Китаю (рис. 2.1).

Видову ідентичність визначали за допомогою генотипування ДНК з використанням подвійних штрих-кодів ДНК. Фрагменти ДНК хлоропласту, ампліфіковані за допомогою ПЛР, були безпосередньо секвенсовані за допомогою одного з ампліфікаційних праймерів і продували протипослідовності, доступні в базі даних ДНК NCBI. Поєднання штрих-кодів хлоропластів ATP та PSB [12] чітко визначило три з чотирьох видів як: *Spirodela polyrhiza*, *Landoltia punctata* та *Lemna turionifera*.

У четвертому зразку, зібраному з озера в сквері парку людей в Шанхаї, послідовність вирівнювання виявила *Lemna aequinoctialis* як вид з найвищим показником вибуху за штрих-кодом ATP та *L. turionifera* з найвищим балом. Тому в цьому випадку ми використовували третій штрихкод ДНК хлоропласту [24], який чітко ідентифікував вид як *L. aequinoctialis*.

### 2.5.1 Біоремедіація комунальних стічних вод

Для перевірки здатності ряски накопичувати токсичні речовини, головним чином азот та фосфор, з місцевих комунальних стічних вод, було відібрано

чотири види ряски (*L. aequinoctialis*, *S. polyrhiza*, *L. punctata* та *L. turionifera*) для очищення стічних вод та стоків місцевих комунальних очисних споруд протягом 2 тижнів.[22]

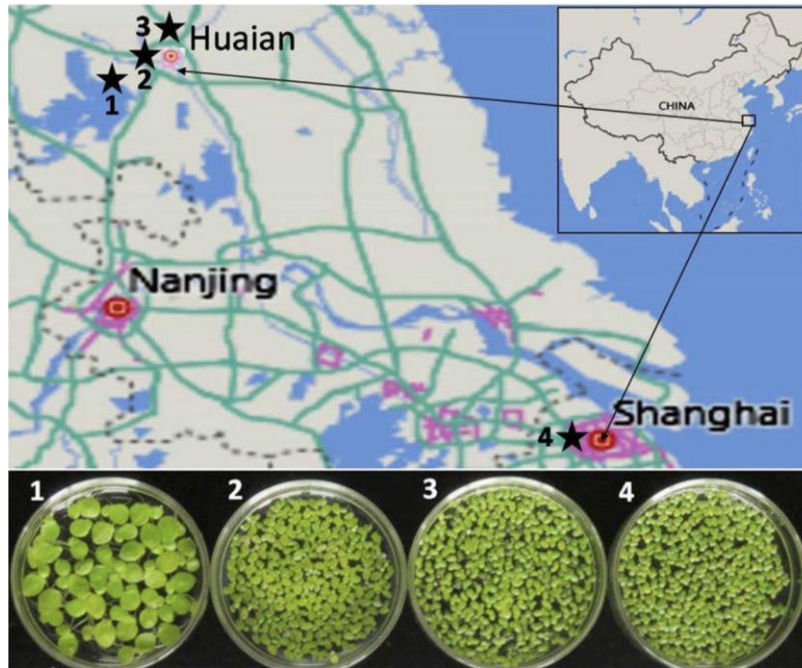


Рис 2.1 Карта з місцями збору зразків та зображеннями ряски, використаними у дослідженні. 1: Спіродела поліріза); 2: *Lemna turionifera* 3: *Landoltia punctata* 4: *Lemna aequinoctialis*.

Для визначення концентрації TN і TP відбирали проби води на 3-й, 7-й та 15-й дні після щеплення ряски. Як показано на (рисунку 2.2), вихідні концентрації TN у приточних та стічних стоячих водах місцевої комунальної каналізації після фільтрації становлять відповідно 21 мг / л та 11 мг / л відповідно. За 3 дні вирощування ряски швидко знизили концентрацію. Для води, що впливає, концентрація TN нижча, ніж у стічних вод із стічних вод для всіх чотирьох видів ряски, при цьому *L. turionifera* демонструє найшвидший показник видалення.



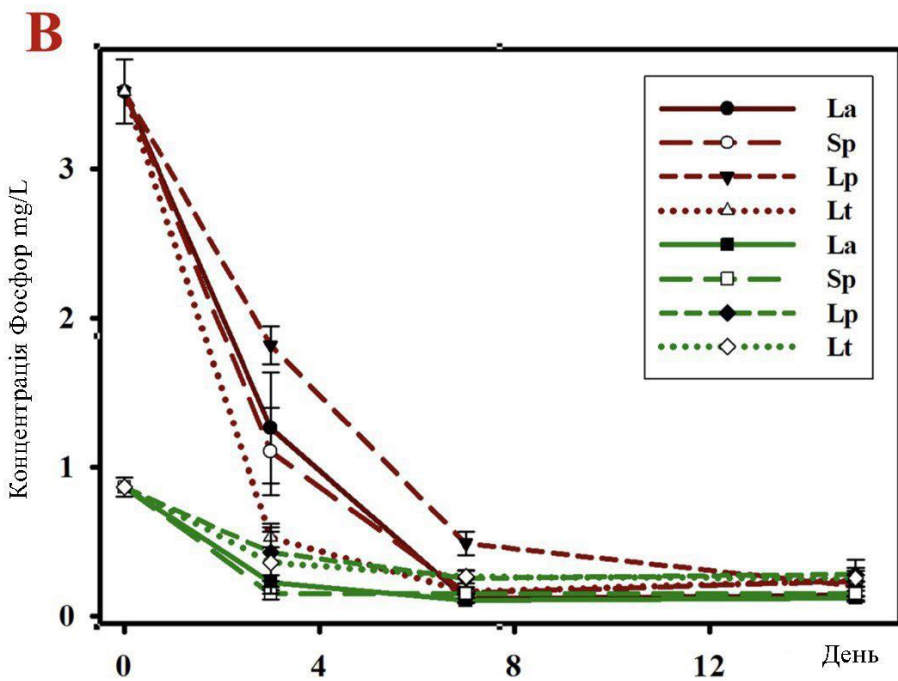
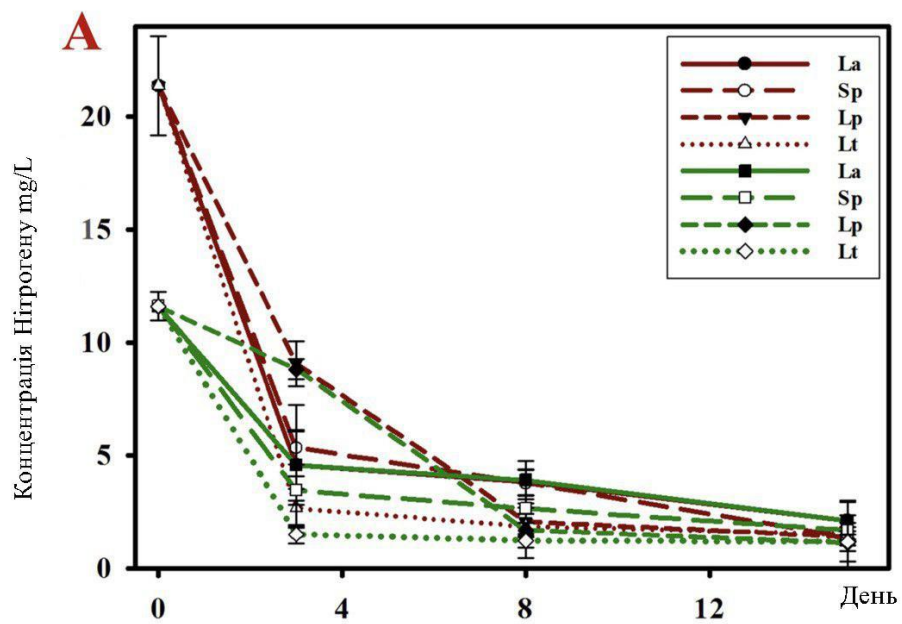


Рис 2.2 Видалення N (A) і P (B) з міських стічних вод чотирма видами ряски. Червоні лінії позначають ряски, вирощені у сталих стічних водах, а зелені –ряски, що вирощуються у

впливних стічних водах. *La*: *L. aequinoctialis*; *Sp*: *S. polyrhiza*; *Lp*: *L. punctata*; *Lt*: *L. turionifera*.

Після 15-денного експерименту TN видаляли понад 90% як для води, що промислової, так і для комунальної (табл. 2.1), остаточна загальна концентрація - близько 1 мг / л або нижче. Ця близький до рівня N, прийнятого для питної води (1,5 мг / л). Концентрація TP у стічних та стічних водах місцевої комунальної каналізації становила 3,5 мг / л та 0,87 мг / л відповідно. Що стосується видалення N, то концентрація TP швидко падає протягом перших трьох днів вирощування ряски для всіх видів ряски. Протягом 15-денного очищення до 93% TP видаляли із стічних вод, що потрапляли, та 70% - 85% із стоків. [23]

### **2.5.2 Біоремедіація промислових стічних вод**

Склад промислових стічних вод, які очищаються місцевою станцією очищення промислової води, значно відрізняється від комунальних стічних вод за концентраціями N та P.

Концентрація TN у промислових стічних водах (74,9 мг / л) приблизно в 3,5 рази вище, ніж у місцевих комунальних стічних водах (21,4 мг / л), тоді як концентрація TP у промислових стічних водах (0,8 мг / л) приблизно в 4,5 рази нижче, ніж у комунальних стічних водах (3,5 мг / л). Через ці різні концентрації вихідних поживних речовин у промислових стічних водах порівняно з муніципальними ми спостерігали також різну динаміку видалення N та P ряскою.

Незважаючи на те, що основна частина N споживалася протягом перших 3 днів з міської води, для промислових стічних вод аналогічно висока швидкість видалення тривала до 7 дня до Національний стандарт очищених стічних вод 15

мг / л. За 15 днів усі види ряски змогли знизити концентрацію TP приблизно до 0,2 мг / л (рис. 2.1 (Б)).

(А). Ряски потрібно було приблизно 8 днів для зниження концентрації TN при вирощуванні в промислових стічних водах до вихідної концентрації азоту у міських стічних водах (20 мг / л) та ще два тижні, щоб знизити концентрацію TN.[22] при вирощуванні в промислових стічних водах до вихідної концентрації N у міських стічних водах (20 мг / л) та ще два тижні для зниження концентрації TN до

Національний стандарт очищених стічних вод 15мг / л. За 15 днів усі види ряски змогли знизити концентрацію TP приблизно до 0,2 мг / л (мал. 3 (Б)).

*Таблиця 2.1 Концентрація TP і TN у зразках комунальних та промислових стічних вод та швидкість видалення поживних речовин чотирма видами ряски.*

		Starting TN, mg/L	Final TN, mg/L	Net N taken, mg/L	N removal %	Starting TP, mg/L	Final TP, mg/L	Net P taken, mg/L	P removal %
	IM	21.4	1.2	20.2	94.4	3.5	0.1	3.4	95.9
La	EM	11.6	0.7	10.9	93.8	0.9	0.1	0.7	85.6
	II	74.9	12.3	62.6	83.6	0.8	0.2	0.6	73.8
	IM	21.4	0.4	21.0	98.1	3.5	0.2	3.3	93.3
Sp	EM	11.6	0.9	10.7	91.9	0.9	0.2	0.7	82.5
	II	74.9	12.0	62.9	84.0	0.8	0.2	0.6	75.0
	IM	21.4	1.2	20.2	94.2	3.5	0.2	3.3	94.3
Lp	EM	11.6	0.3	11.3	97.4	0.9	0.3	0.6	67.5
	II	74.9	6.1	68.8	91.9	0.8	0.2	0.5	72.1
	IM	21.4	0.4	21.0	98.2	3.5	0.2	3.3	93.1
Lt	EM	11.6	1.1	10.5	90.3	0.9	0.3	0.6	70.6
	II	74.9	2.7	72.1	96.3	0.8	0.2	0.5	70.9

IM: influent water from local municipal sewage plant; EM: effluent water from local municipal sewage plant; II: influent water from local industrial sewage plant.

## 2.8 Висновки до розділу

Були відібрані для очищення стічних вод 4 види ряски. Усі випробувані види ряски були досить ефективними у видаленні азоту та фосфору зі стічних

вод, проте демонстрували різну динаміку накопичення. *L. punctata* показала найбільш повільну швидкість видалення азоту та фосфору протягом перших 3 днів в експериментах як з комунальними, так і з промисловими стічними водами, в той час як *L. turionifera* продемонстрував найбільш швидку швидкість видалення з міських стічних вод, а *L. aequinoctialis* - з промисловими стічними води (рис. 3.1).

До кінця випробувань за 15 днів усі види ряски видалили до 98% азоту та до 96% фосфору з комунальних стічних вод. Після очищення ряскою кінцева концентрація TN була знижена з 21 до 1 мг / л, а концентрація TP з 3,5 до 0,2 мг / л.

Для промислових стічних вод, стартова концентрація TN у 3,5 рази вища порівняно з комунальним впливом, показник видалення азоту становив близько 84% для *L. aequinoctialis* та *S. polyrhiza*, і 92% для *L. punctata* та *L. turionifera*. [25]

## **РОЗДІЛ 3 ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА**

### **3.1 Рослинний матеріал та стан зростання**

У цьому дослідженні було зібрано чотири види ряски, які використовувались у різних місцях Ю. З. Чжоу та ін.

Ідентичність зібраних екотипів ряски визначали за допомогою штрихкодування ДНК, використовуючи праймери, специфічні для інтергенного хлоропласта для інтергенного просторопластового FF-atpH (ATP) та psbK-psbL

(PSB), як описано раніше [12]. Після ідентифікації видів за допомогою штрих-кодування, їх стерилізували поверхнево в розчині, що містить 0,5% розчину гіпохлориту натрію та 0,1% броміду бензалконію, і промивали автоклавною водою.

Процедуру повторювали через 2 дні, і обкладинки наносили на тверде агарове середовище, додане солями SH [13].

### 3.2 Проектування експериментів

Для отримання біомаси ряски для очищення стічних вод чотири види ряски вирощували в асептичному стані в колбах по 500 мл, що містять рідке середовище SH 200 мл з 5 г / л сахарози.

Рослини культивували протягом двох тижнів в інкубаторі при  $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$  з щільністю потоку фотона  $50 - 60\text{ }\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ , забезпеченою холодними білими люмінесцентними лампами в 16 годин світла/8 годин темного циклу .

Перед перенесенням у стічні води, ряску збирали, ретельно промивали дистильованою водою та промокали фільтрувальним папером. Листя зважували, і 2 г рослинного матеріалу або поміщали в пластикові басейни, наповнені 200 мл стічних вод, фільтрували фільтрувальним папером середньої щільності, або поміщали в термостат для висихання протягом 2 днів при  $85\text{ }^{\circ}\text{C}$  - для визначення сухої ваги . Зразки комунальних та промислових стічних вод (стічні та стокові води) були зібрані відповідно з місцевої комунальної каналізаційної станції Хуайя (33.629349, 119.044762) та промислової каналізації (N 33.381293, E 118.993329) відповідно.

Всі випробування проводилися в чотири повтори для кожної умови. Дистильовану воду додавали кожні 2 дні до кожної ємності, щоб підтримувати стабільний рівень води. Зразки води були взяті в різні моменти часу для перевірки загальної концентрації азоту (TN) та загальної концентрації фосфору

(TP). Після закінчення експерименту ряски збирали, промивали дистильованою водою та перевіряли на їх суху масу, як згадувалося вище.

### 3.3 Вимірювання концентрацій фосфору та азоту в стічних водах

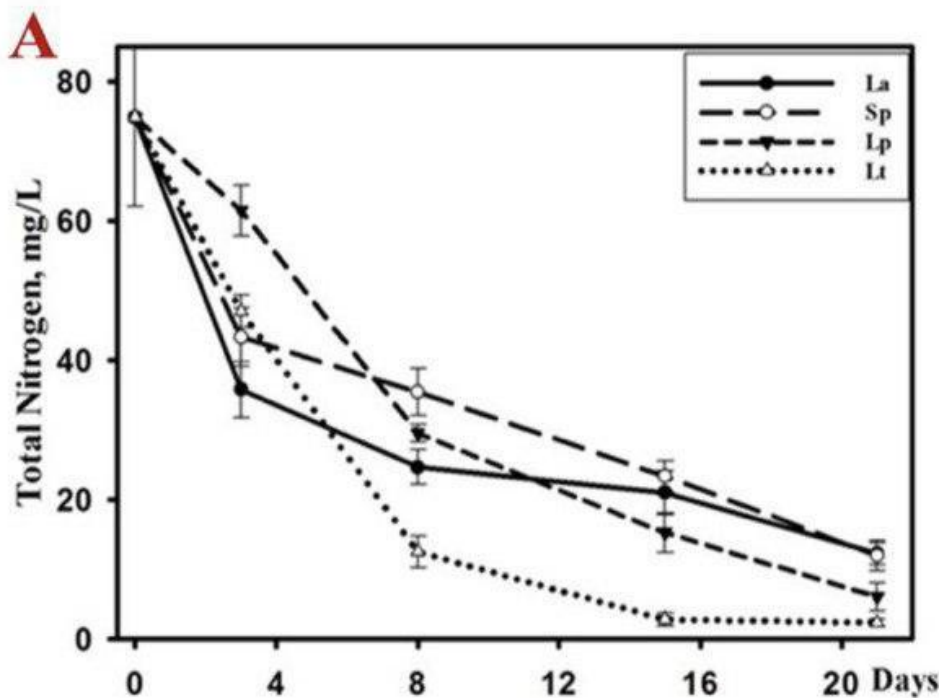
TP і TN Концентрація TP (TP, мг / л) вимірювали за допомогою молібдатеспектрофотометричного методу, який використовується для моніторингу та аналізу води та стічних вод у Китаї. Концентрацію TN (TN, мг / л) визначали за допомогою стандартного лужного калію персульфату калію з подальшою УФ-спектрофотометрією.

### 3.4 Висновки до розділу

Ряска вважається перспективним макрофітом для сталого очищення стічних вод завдяки їх швидкому зростанню, простоті збирання та потенціалу використання виробленої біомаси як органічних добрив або сировини для виробництва біопалива та інших продуктів. Недавні інтенсивні дослідження різних видів ряски для очищення стічних вод [15] продемонстрували важливість вибору еко типу ряски, найкраще підходить для конкретних місцевих проектів санації. У представленій роботі ми зібрали зразки ряски на сході Китаю (головним чином з озера Гонзе в провінції Цзянсу та Шанхаю), визначили біорізноманіття видів за допомогою молекулярних маркерів та протестували чотири обрані еко типи для біоремедіації місцевих комунальних та промислових стічних вод. Молекулярне генотипування з використанням двох маркерів ДНК хлоропластів [12] виявило *S. polyrhiza* як чіткий домінуючий вид ряски у всіх місцях району. Інші ряски, вирощені в цьому районі, були ідентифіковані як *L. punctata*, *L. aequinoctialis*, *L. turionifera* та *W. globosa*. Ізоляти *S. polyrhiza*, *L. aequinoctialis*, *L. punctata* та *L. turionifera*

були відібрані для очищення стічних вод. Усі випробувані види ряски були досить ефективними у видаленні N та P зі стічних вод, проте демонстрували різну динаміку накопичення. *L. punctata* показала найбільш повільну швидкість видалення N та P протягом перших 3 днів в експериментах як з комунальними, так і з промисловими стічними водами, в той час як *L. turionifera* продемонстрував найбільш швидку швидкість видалення з міських стічних вод, а *L. aequinoctialis* - з промисловими стічними водами (рис. 3.1).

До кінця випробувань за 15 днів усі види ряски видалили до 98% N та до 96% P з комунальних стічних вод. Після лікування з рясками кінцева концентрація TN була знижена з 21 до 1 мг / л, а концентрація TP з 3,5 до 0,2 мг / л. Для промислових стічних вод, стартова концентрація TN у 3,5 рази вища порівняно з комунальним впливом, показник видалення N становив близько 84% для *L. aequinoctialis* та *S. polyrhiza*, і 92% для *L. punctata* та *L. turionifera*





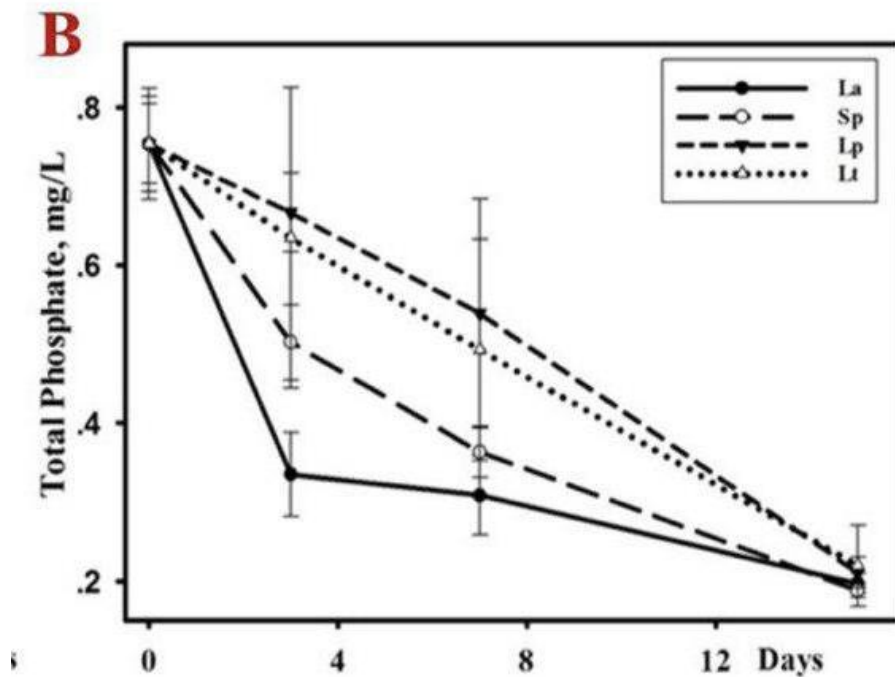


Рис 3.1 Видалення N (А) та Р (В) відalenня з промислових стічних вод рясками. *La*: *L. aequinoctialis*; *Sp*: *S. polyrhiza*; *Lp*: *L. punctata*; *Lt*: *L. turionifera*.

Оскільки в промислових стічних водах початкова концентрація Р була низькою, концентрація ТП становила близько 0,2 мг / л, зі швидкістю відalenня Р між 70% - 75%. Підводячи підсумок, наші експериментальні дані говорять про те, що *L. aequinoctialis* та *S. polyrhiza* є кращими видами для очищення місцевих комунальних стічних вод із помірними концентраціями N та Р, тоді як *L. punctata* та *L. turionifera* є більш ефективними видами для відновлення місцевих промислових стічних вод з високими N та низькими концентраціями Р. Подяка Ця робота була фінансово підтримана Фондом природознавства провінції Цзянсу (BK20131213), Фондом (№ HSXT2-320) Ключовим інноваційним центром ключового Цзянсу Регіонального сучасного сільського господарства та захисту довкілля та Фондом (№JSBEET1303) Цзянсу Кі Лабораторія енергетичних та ферментних технологій на основі біомаси.



## РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Під час роботи на виробництві на людину можуть впливати один, або низка небезпечних та шкідливих виробничих факторів. Безпека того чи іншого технологічного процесу може бути визначена за їх кількістю і за ступенем небезпеки кожного з них зокрема. Безпека праці на виробництві визначається ступенем безпеки окремих технологічних процесів.

### 4.1 Небезпечні та шкідливі виробничі фактори при біоремедіації води.

Небезпечні і шкідливі виробничі фактори стандартом ГОСТ 12.0.003-74 поділяються на фізичні, хімічні, біологічні і психофізіологічні. Останні за характером впливу на людину підрозділяються на фізичні і нервовопсихічні перевантаження, а інші – на конкретні небезпечні і шкідливі виробничі фактори.

В процесі роботи на підприємстві по очистці води (згідно ГОСТ 12.0.003 – 74. ), на працівника можуть впливати такі небезпечні і шкідливі виробничі фактори:

- підвищена чи занижена температура, вологість і рухомість повітря;
- підвищені заповненість й загазованість повітря;
- хімічні речовини (токсичні, подразнюючі, сенсibiliзуючі)
- патогенні мікроорганізми (бактерії, віруси, гриби, найпростіші) і продукти їхньої життєдіяльності;
- підвищений рівень ультрафіолетової і інфрачервоної радіації;
- відсутність або нестача природного світла;

Температура повітря в процесі виробництва залежить від кількості тепловиділення джерелами тепла, об'єму приміщень, повітрообміну (природного чи штучного), інтенсивності тепловіддачі через зовнішні стіни й огороження. Регулюючи тепловіддачу, можна підтримувати необхідну температуру повітря в приміщенні.

Граничні можливості терморегуляції невеликі. При підвищенні температури до 43 °С і при зниженні до 25-27 °С настає смерть людини. Метеорологічні умови у виробничих приміщеннях підсилюють або послаблюють процеси віддачі тепла організмом людини в навколишнє середовище

Коли відносна вологість повітря висока (при високих температурах у виробничому приміщенні), вона не тільки перешкоджає випаровуванню поту, але й є несприятливим чинником і при низьких температурах.

При систематичному прониканні пилу до організму людини можуть виникнути професійні захворювання, такі як хронічні трахеїти, бронхіти. Токсичний пил може викликати отруєння.

Шкідливість речовини залежить від її фізичної будови і стану, фізико-хімічних властивостей, концентрації, шляхів проникнення в організм в момент отруєння і від умов праці. [33]

Шкідливі речовини зустрічаються в газоподібному, пароподібному, рідкому і дрібнодисперсному розпиленому стані. Шкідливі речовини проникають в організм людини через дихальні шляхи, травний тракт і навіть шкіру. Однак основний шлях їхнього проникнення – через дихальні шляхи. При цьому шкідливі речовини всмоктуються слизовою оболонкою і відразу потрапляють у кров, міняючи печінку, що в організмі людини є для них механічним і біохімічним бар'єром.

У середину організму шкідливі речовини потрапляють при палінні і при брудних руках. Частина цих речовин всмоктується в

шлунков-кишковому тракту, надходить в печінку, де частково руйнується, нейтралізується і повертається з жовчю в травний тракт, а проішовши його, виділяється з організму. Інша частина виділяється, минаючи печінковий бар'єр. Токсичні ароматичні і хлоровані вуглеводневі сполуки, такі як бензол, кси лол, толуол, діхлоретан, а також тетраетилсвінець, добре розчинні в жирах і ліпоїдах, легко проникають в організм людини навіть через неушкоджену шкіру.

Випромінювання електромагнітні (лазерні) охоплюють практично весь оптичний діапазон, від ультрафіолетової до інфрачервоної області спектра випромінювання.

Генератори оптичного діапазону працюють на основі змушених випромінювань, джерелами яких є робочі речовини, що генерують електромагнітні випромінювання оптичного діапазону (що створюють лазерний ефект) внаслідок порушення їхніх атомів електромагнітною енергією іншого джерела.

Погане освітлення робочих місць є однією з причин низької продуктивності праці. При недостатньому освітленні очі працюючого напружені, при цьому складно відрізнити оброблювані предмети, знижується темп роботи, погіршується загальний стан організму людини.

Утомлюваність ока залежить від інтенсивності процесів, які проходять у ньому, – акомодатії, конвергенції, адаптації. [34]

#### **4.2 Технічні та організаційні заходи для зменшення рівнів впливу небезпечних та шкідливих факторів при біотехнологічних методах очистки води.**

У робочій зоні виробничих приміщень ДСН 3.3.6.042-99 встановлює норми температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в

теплі, холодні і перехідні періоди року, виходячи з категорії роботи щодо важкості, призначення приміщень, надлишків тепла.

Метеорологічні умови трактуються, як допустимі, при яких довгостроково підтримується збалансований тепловий стан тіла людини, і оптимальні (табл.3.1), коли під час роботи процеси терморегуляції організму людини не витримують значних напруг.

Параметри оптимального повітряного середовища забезпечуються шляхом опалення, вентиляції і кондиціонування повітря відповідно до санітарних норм і стандартів.

Метеорологічні умови в робочій зоні виробничих приміщень забезпечуються постійним контролем за ними. Контроль за станом повітряного середовища повинен проводитися з використанням термометрів і термографів (термографи автоматично записують поточну температуру), психрометрів і гігрометрів (для виміру вологості), актинометрів (для виміру інтенсивності теплових випромінювань). Належні метеорологічні умови у виробничих приміщеннях забезпечуються наступними заходами:

- 1) ізоляція джерел надлишкового тепла (бойлерних установок) в окремих приміщеннях, їхнє екранування і раціональне розташування, що зменшує схрещування променистих потоків тепла на робочому місці;

- 2) використання механізації важких робіт;

- 3) використання припливно-витяжної вентиляції, що забезпечує видалення надлишкового тепла і вологи з приміщення, багаторазову заміну повітря і охолодження організму чи нагрівання у випадку кондиціонування повітря;

- 4) застосування повітряного душу в процесі виробництва, коли інтенсивність теплового випромінювання велика або тепловіддача в навколишнє середовище утруднена, наприклад, під час зачищення і ремонту резервуарів і ємностей, у яких зберігалось паливо;

5) попередження охолодження організму людини застосуванням у холодні періоди року тамбурів, захисних стінок і повітряних завіс, що перешкоджають доступу великих мас холодного повітря через ворота і двері, що часто відкриваються, у виробниче приміщення;

Таблиця 4.2

Оптимальні норми метеорологічних умов для різних категорій робіт

Категорія робіт	Температура, °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с
<i>Холодний і перехідний періоди року</i>			
<i>Ia (легка)</i>	20 – 23	60 – 40	0,2
<i>Iб (легка)</i>	19 – 21	60 – 40	0,2
<i>IIa (середньої важкості)</i>	18 – 20	60 – 40	0,2
<i>IIб (середньої важкості)</i>	17 – 19	60 – 40	0,2
<i>III (важка)</i>	16 – 18	60 – 40	0,2
<i>Теплий період року</i>			
<i>I (легка)</i>	23 – 25	60 – 40	0,2
<i>IIa (середньої важкості)</i>	21 – 23	60 – 40	0,3
<i>IIб (середньої важкості)</i>	20 – 22	60 – 40	0,4
<i>III (важка)</i>	18 – 21	60 – 40	0,5

б) застосування у приміщеннях, що обігріваються, пристроїв, призначених для періодичного обігріву, відпочинку і приємного іжі для робітників, що працюють у холодну пору року на відкритому повітрі або в приміщеннях, що не опалюються.

Рівень забруднення повітря робочих приміщень шкідливими речовинами контролюється газоаналізаторами, в основу роботи яких покладені фотометричні, хроматографічні, полярографічні, потенціометричні та спектроскопічні методи. [36]

Одним з перспективних методів кількісного визначення шкідливих речовин у повітрі є метод газової хроматографії.

Газова хроматографія, впроваджувана в практику гігієнічних досліджень, відкриває широкі можливості для поділу сумішей речовин на окремі компоненти, дозволяє проводити ідентифікацію речовин, визначити їхні кількісний склад. Використовуючи капілярні і високоефективні набивні стовпчики, вдається досягти такого поділу компонентів, якого неможливо домогтися іншими методами.

Функціональна схема газового хроматографа, принцип роботи якого полягає в наступному. Досліджувана проба повітря вводиться в пристрій введення за допомогою шприца чи кранадозатора і під тиском газоносія (ГН) надходить до хроматографічної колонки, встановленої в термостаті, поділяється на окремі компоненти і надходить у детекторі.

Сигнал підсилюється електронним підсилювачем і записується на діаграмному папері самописом. Вихідний сигнал детектора пропорційний миттєвій концентрації компонента в газоносії. За деяких умов кожен компонент проби з'являється через визначений для даних умов аналізу час і реєструється на хроматограмі у вигляді окремого піка. Якісна ідентифікація компонента проводиться за часом утримання в колонці. Площі піків, вимірювані згідно з хроматограмою і графіком, що відображає залежність площі піка від концентрації компонента, визначають невідому концентрацію компонентів.

Виробниче освітлення необхідно нормувати на робочих поверхнях. Освітленість вимірюється у люксах. Однак нормування рівня освітленості природним світлом у люксах викликало б великі труднощі, тому що освітленість природним світлом коливається в дуже широких межах в залежності від періоду року, часу дня, стану хмарності, що відображають властивості поверхні землі (сніг, трав'яний покрив, асфальт та інш.). [36]

Основними шляхами при розробці засобів захисту від впливу ВЧ і НВЧ полів є:

1) Зменшення ГПЕ випромінювання безпосередньо від самого джерела, є найефективнішим засобом захисту обслуговуючого персоналу, що регулює, настроює і проводить випробування передавачів радіолокаційних станцій і генераторів НВЧ. Для цього замість антени підключають погоджене з вихідним каскадом передавача навантаження – еквівалент антени (поглинач потужності). В еквіваленті антени генеруюча енергія цілком поглинається, не порушуючи режим роботи генератора НВЧ. Поглинаючі елементи еквівалентів антен виконують клинчастої, східчастої або конусоподібної форми. Випромінювання НВЧ енергії в простір при застосуванні еквівалентів антен зменшується більше, ніж на 50дБ, тобто в 100000 разів порівняно з випромінюванням за допомогою антени;

2) Зменшення інтенсивності ЕМП у робочій зоні НВЧ може здійснюватись шляхом екранування джерел випромінювання металевими суцільними і сітчастими екранами. Інтенсивність випромінювання може бути знижена також за допомогою поглинаючих покриттів. Електромагнітне поле в металевому екрані наводить вихрові струми, що створюють ЕМП, протилежне екрану. Товщину суцільного металевого екрана вибирають з конструктивних міркувань, тому що глибина проникнення електромагнітної ВЧ і НВЧ енергії невелика.

Екран товщиною 0,01 мм послабляє енергію поля на 50 дБ (у 100000 разів). Саме тому, як матеріал екрана застосовують фольгу. Генератори НВЧ енергії можуть екрануватися цілком (замкнутий екран) чи частково (незамкнутий екран). Якщо біля джерела випромінювання є ненаправлене паразитне випромінювання невеликої інтенсивності, наприклад, витік через нещільності фланцевих сполук хвилеводних трактів, вентиляційні щілини і т. ін., то екранують джерело випромінювання цілком. Якщо ж випромінювання гостронаправлене, то застосовуються незамкнені екрани, у яких енергія НВЧ поглинається в покритті (рис.4.1), не проникаючи за бічні і задню стінку екрана;

3) Поглинаючі екрани (покриття) застосовуються у випадках, коли відбита електромагнітна енергія від внутрішніх поверхонь суцільних металевих екранів може істотно порушити режим роботи НВЧ генератора. Тому поглинаючі покриття повинні по можливості цілком поглинути енергію.

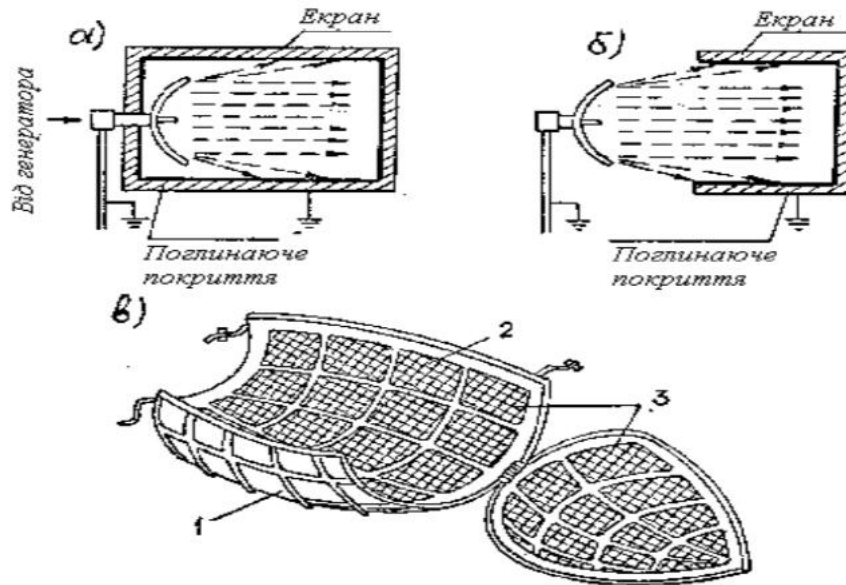


Рис.4.1. Екрани: а – повне екранування; б – незамкнений екран; в – кожух, що екранує; 1 – металева конструкція; 2 – нерухомий кожух; 3 – поглинаючі покриття.

Це досягається відповідним підбором діелектричної і магнітної проникності поглинаючого матеріалу. Як поглинаючі покриття застосовують гумові килимки з конічними шипами В2Ф-2, В2Ф-1, що поглинають електромагнітну енергію в діапазоні 0,8-4 см; магнітоелектричні пластини ХВ-0,8, ХВ-2,0, ХВ-3,2, ХВ-10,6 – поглинаються хвилі 0,8-10,6 см; поглинаючі покриття на основі поролону ВРПМ, поглинають хвилі в діапазоні 0,8-3 см. Для послаблення щільності потоку потужності НВЧ випромінювання на 20-30 дБ ( $10^2$ - $10^3$  разів) застосовують сітчасті металеві екрани. Стилки між металевими листами повинні з'єднуватися електрично надійно паюкою чи зварюванням по всьому периметру, а знімні чи рушійні частини екранів



(двері, оглядові вікна) повинні мати електричний контакт із нерухомою частиною екрана;

4) Екранування робочого місця передбачають у тих випадках, коли зниження інтенсивності випромінювання безпосередньо біля джерела чи його екранування зумовлює технічні ускладнення. Екранування робочого місця виконують у вигляді незамкненого екрана чи спеціальної kabіни, звідки керують роботою чи на-строюванням установки.

5) Індивідуальні засоби захисту від ЕМП НВЧ використовують спеціальний одяг – комбінезони, халати, каптури. Матеріалом для цього одягу служить бавовняна тканина з тонкими металевими нитками, що утворюють сітку. Тканина арт.4381 здатна послабляти потужність випромінювання в діапазоні 0,8-10 см на 20-38 дБ. Для захисту очей застосовують захисні окуляри ОРЗ- 5. Скло окулярів покрите тонкою прозорою плівкою двоокису олова  $\text{SnO}_2$ . Оправа – пориста гума із запресованою металевією сіткою.

Скло послаблює потужність у діапазоні 3...150 см не менше, ніж на 25 дБ, оправа – на 20 дБ. Світлопрозорість скла не менше 74 %.

#### **4.2.1 Розрахунок одного з профілактичних заходів**

Розрахунок екрана

Розрахунок товщини суцільного металевіого екрана в зоні випромінювання, тобто при випромінюванні НВЧ енергії, виконується в такий спосіб:

1. Розраховують ГПЕ передавального пристрою в зоні діаграми спрямованості на відстані  $R$  від випромінювача до робочого місця.
2. Визначають відповідно до санітарних норм ступінь ослаблення  $N$  ЕМП:

$$\frac{1}{N} = \frac{\Gamma ПЕ_R}{\Gamma ПЕ_{гдр}}$$

де:  $\Gamma ПЕ_R$  –  $\Gamma ПЕ$  на відстані  $R$  у метрах, мкВт/см<sup>2</sup>;  $\Gamma ПЕ_{гдр}$  – граничнодопустима  $\Gamma ПЕ$ , мкВт/см<sup>2</sup>.

Визначають мінімальну товщину захисного екран

$$t = - \frac{\ln N}{2 \sqrt{\frac{\omega \gamma \mu}{2}}}$$

де:  $\omega$  – кутова частота  $\omega = 2\pi f$ ;  $f$  – частота НВЧ генератора, Гц;  $\gamma$  – питома електрична провідність матеріалу, Ом<sup>-1</sup>м<sup>-1</sup>;  $\mu$  – магнітна проникність матеріалу екрана, Гн/м.

Визначити товщину суцільного захисного екрана робочого місця, що знаходиться в зоні діаграми спрямованості антени РЛС, якщо відомо: потужність передавача

$P_{пер} = 200$  Вт; коефіцієнт підсилення антени  $G_{ант} = 400$ ;

$R = 5$  м; екран з алюмінію  $\gamma = 3,54 \times 10^{-3}$  Ом<sup>-1</sup>м<sup>-1</sup>,  $\mu = 4\pi \times 10^{-7}$  Гн/м;  $\lambda = 3$  см;  $f = 1 \times 10^{10}$  Гц.

Знаходимо  $\Gamma ПЕ$  на відстані  $R = 5$  м від антени РЛС:

$$\Gamma ПЕ_R = \frac{P_{пер} G_{ант}}{4\pi R^2} = \frac{200 \cdot 10^6 \cdot 400}{4 \cdot 3,14 (5 \cdot 100)^2} = 25000 \text{ мкВт/см}^2$$

Приймаємо  $\Gamma ПЕ_{гдр} = 1000$  мкВт/см<sup>2</sup> і потім розраховуємо необхідну кратність ослаблення:

$$1/N = \frac{\Gamma\Pi\mathcal{E}_R}{\Gamma\Pi\mathcal{E}_{\text{пду}}} = 25000/1000 = 25, \text{ тоді } N = 0,04.$$

Визначаємо товщину захисного екрана із співвідношення

$$t = -\ln N / 2\sqrt{\frac{\omega \gamma \mu}{2}} = -\frac{\ln 0,04}{2\sqrt{\frac{2 \cdot 3,14 \cdot 1 \cdot 10^{10} \cdot 3,54 \cdot 10^{-3} \cdot 10^2 \cdot 4 \cdot 3,14 \cdot 10^{-7} \cdot 10^{-2}}{2}}} = 0,13 \text{ мм.}$$

Таким чином, товщину суцільного металевого екрана необхідно вибирати з міркувань міцності конструкції.

### **4.3 Забезпечення пожежної і вибухової безпеки при біотехнологічній очистці води**

#### **А) Причини виникнення пожеж при біотехнологічній очистці води**

Для успішного проведення дієвих упереджувальних заходів важливо знати основні причини виникнення пожеж.

Із наведених в інфографіці причин найчастіше призводить до пожежі необережне поводження з вогнем. У виробничій сфері через це часто-густо виникають пожежі при курінні в недозволених місцях та при виконанні вогневих робіт. Вогневими роботами вважають виробничі операції, пов'язані з використанням відкритого вогню, іскроутворенням та нагрівом деталей, устаткування, конструкцій до температур, що здатні викликати займання горючих речовин і матеріалів, парів легкозаймистих рідин. До вогневих робіт належать: газо та електрозварювання, бензино та газорізання, паяльні роботи, варки бітуму та смоли, механічне оброблення металу з утворенням іскор тощо.

Значний відсоток пожеж спричиняє незадовільний стан електричного устаткування та приладів, а також порушення правил їх монтажу та експлуатації. До чинників, що можуть викликати пожежу саме з цієї причини, належать: короткі замикання, несправності електроустаткування та приладів, струмові перевантаження, що виникають у силових та освітлювальних електромережах, великі значення перехідних опорів.

Короткі замикання виникають внаслідок неправильного монтажу або експлуатації електроустановок, старіння або пошкодження ізоляції. Струм короткого замикання залежить від потужності джерела струму, відстані від джерела струму до місця замикання та виду замикання. Великі струми замикання зумовлюють іскріння та нагрівання струмопровідних частин до високої температури, що може бути причиною займання ізоляції провідників та горючих будівельних конструкцій, які знаходяться поряд.

Струмові перевантаження виникають при ввімкненні до мережі додаткових споживачів струму або при зниженні напруги в мережі. Тривале перевантаження призводить до нагрівання провідників, що може викликати займання ізоляції.

Потенційну небезпеку виникнення пожежі або вибуху в умовах виробництва викликають і хімічні речовини, які в контакт з повітрям чи водою, а також при взаємодії між собою виділяють велику кількість теплової енергії.

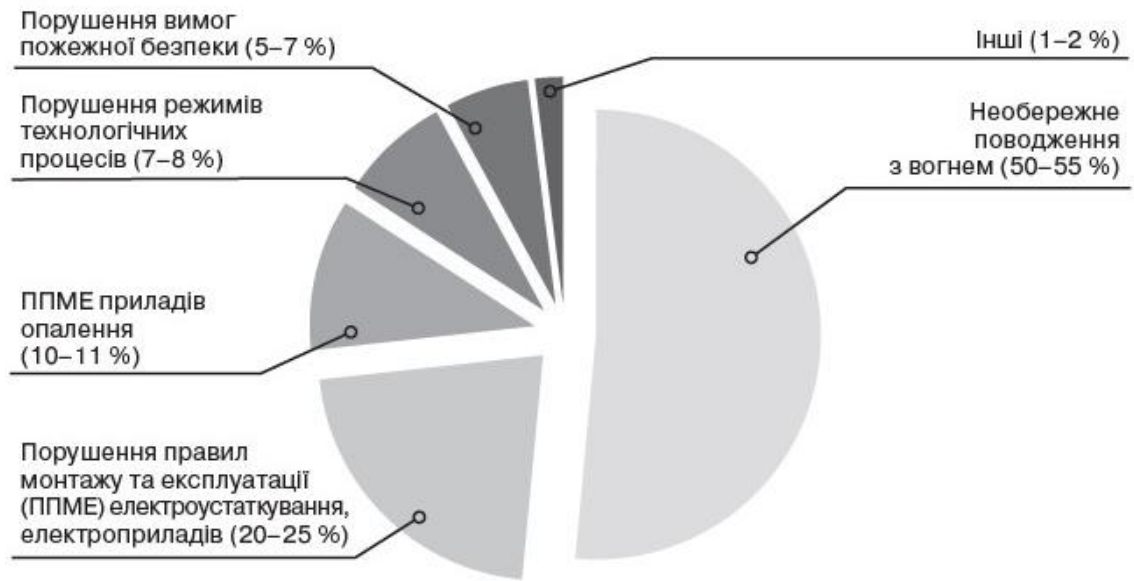


Рис. 4.2 Основні причини пожеж при біотехнологічній очистці води.

## Б) профілактичні заходи

Вимоги до способів забезпечення пожежної безпеки системи запобігання пожежі

1. Запобігання пожежі повинне досягатися запобіганням утворення горючого середовища і (або) запобіганням освіти в займистою середовищі (або внесення до неї) джерел запалювання.

2. Попередження утворення горючого середовища повинно забезпечуватися одним з наступних способів або їх комбінацій:

- максимально можливим застосуванням негорючих і важкогорючих речовин і матеріалів;
- максимально можливим за умовами технології і будівництва обмеженням маси і (або) обсягу горючих речовин, матеріалів і найбільш безпечним способом їх розміщення;

- ізоляцією горючого середовища (застосуванням ізольованих відсіків, камер, кабін і т.п.);
- підтриманням безпечної концентрації середовища відповідно до норм і правил та іншими нормативно-технічними, нормативними документами та правилами безпеки;
- достатньою концентрацією флегматизатора в повітрі захищуваного об'єму (його складової частини);
- підтриманням температури і тиску середовища, при яких поширення полум'я виключається;
- максимальної механізацією і автоматизацією технологічних процесів, пов'язаних з обігом горючих речовин;
- установкою пожежонебезпечного устаткування по можливості в ізольованих приміщеннях або на відкритих майданчиках;
- застосуванням пристроїв захисту виробничого обладнання з горючими речовинами від пошкоджень та аварій, установкою відключають, що відтинають і інших пристроїв.

3. Запобігання утворенню в займистою середовищі джерел запалювання має досягатися застосуванням одного з наступних способів або їх комбінацією:

застосуванням машин, механізмів, устаткування, пристроїв, при експлуатації яких не утворюються джерела запалювання;

застосуванням електрообладнання, відповідного пожежонебезпечної і вибухонебезпечною зонам, групі і категорії вибухонебезпечної суміші відповідно до вимог ГОСТ 12.1.011 і Правил улаштування електроустановок;[40]

### **В) що передбачено на випадок пожежі або вибуху**

Заданий режим включає в себе описи місць призначення і правила їх використання і зберігання, наприклад:

- шляхи евакуації,
- так звані «курці»,
- місця зберігання продуктів і сировини,
- парковки.

Порядок експлуатації та технічного обслуговування також встановлено:

- вентиляційне обладнання,
- вогнегасники і протипожежний захист
- опалювальні прилади,
- електрообладнання.[40]

## **РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА**

### **5.1 Теоретична частина. Утилізація осадів після ремедіації.**

В даний час працює понад 50 000 робіт з очищення стічних вод (ПСВ)

Європейський Союз дав в цілому близько 7,9 млн. тонн сухих твердих речовин (тд) 2000 р. Кількість мулу продовжуватиме збільшуватися у міру відходів міських вод. Директива щодо лікування продовжує застосовуватися (ЦВК, 1991 р.), Досягаючи щонайменше 8,3 млн. т / рік до 2006 р. Основними відходами для мулу є сільське господарство та сміттєзвалища, с лише спалюється порівняно невелика кількість. Національні заходи щодо зменшення кількості органічної речовини, що викидається на сміттєзвалище, призведе до

посилення використання інші торгові точки. З точки зору політики, сільське господарство - це найбільш сприятливий шлях.

Осад також може містити вапно та інші необхідні мікроелементи, але мало калію. Однак існують також добре визнані обмеження в застосуванні мулу в основному до важких металів та патогенів, які можуть бути присутніми, виникнення яких відображає характер водозбору очисних споруд (тобто наявність галузей, лікарні, кладовища, комбінований дренаж тощо). Крім того, є потенційні проблеми неприємного запаху, засміченості (відсів) та сипучих речовин (високий вміст води).

Значні досягнення в галузі контролю та лікування в останні роки, які можуть скоротитись. Потенційний вплив, хоча і із збільшенням витрат, якість мулу залишається одним із головних обмеження щодо використання мулу, зокрема, оскільки стандарти якості продовжують посилюватися.

Утилізація мулу завжди вимагає дуже позитивного та обережного поводження, однак легкість або труднощі, з якими реально досягається утилізація, і пов'язані з цим витрати дуже залежать від обставин. Місцеві та національні географічні, агрономічні, економічні фактори та фактори сприйняття зацікавлених сторін мають значний вплив. Загальне

Тенденцією останніх років у більшості розвинених країн є знешкодження мулу стати більше, а не менш важким, і це посилюється через а значне збільшення законодавства ЄС та національного екологічного законодавства.

Маючи наявні знання, мало перспектив розвитку рентабельний процес очищення стічних вод, який не передає значної частки завантаження забруднюючих речовин у бічний потік концентрованих вологих твердих речовин, що вимагає знешкодження поза межами місця.

Останніми роками шлам стічних вод став міжнародною темою з численними конференцій і, у випадку ЄС, міждержавних координованих досліджень та наукових досліджень комітети, що зосереджуються на різних



загальних проблемах (Холл та ін. 1992). Ця діяльність відображає зростаюче усвідомлення того, що в той час як світове виробництво мулу відбувається невблаганно крива зростання, екологічні вимоги до якості мулу стають дедалі жорсткіші торговельні точки зменшуються, але економічний тиск все ще залишається вимагають недорогих рішень для вирішення проблем з усадкою мулу.

Завдання розробників політики полягає в збалансуванні переважної політики використання мулу що стосується сталого розвитку, з досяжними стандартами якості та доступний за ціною. Якщо цей баланс не буде досягнутий, неминуче будуть водоканали все більше вибирають спалювати мул через більші фінансові та операційні функції безпека, яку може запропонувати цей маршрут. Варіанти обробки та утилізації шламу

Деякі основні варіанти лікування та утилізації показані на рисунку 1, де наведено перелік найважливіші варіанти кондиціонування, розділення фаз та перетворення, доступні для обробка осаду та показує, як потім шлам може бути інтегрований або виключений із матеріальний цикл. Сталий розвиток та ієрархія відходів потребує матеріалів інтеграція, де це можливо, і для цього слід застосовувати обробку мулу де економічно вигідно. Деякі варіанти лікування також досягають високого видалення збудники (наприклад, термічний гідроліз, додавання вапна, термічна сушка та компостування) та такі процеси можуть бути все більш необхідними для забезпечення використання мулу на суші.

Доступні варіанти використання та утилізації мулу та їх практичні переваги та обмеження можуть бути узагальнені наступним чином: Від варіантів використання землі залежать відносні рівні технології обробки та вартість щодо обмежень, застосованих до конкретних торгових точок. Для сільського господарства існуватиме зростаюча потреба використовувати сучасні методи лікування, щоб забезпечити впевнене видалення збудника запевнити торговців харчовими продуктами та громадськість, що через ризики передачі не

виникає через чутливість після низки недавніх харчових страхів (наприклад, *E. coli* 0157, *Salmonella sp.*, BSE та ін.)..

Тим не менш, сільськогосподарська торгівля все ще вразлива до несприятливих змін: це також добровільно, оскільки фермери, звичайно, не зобов'язані приймати мул, а їх вимоги сезонні. Ці аспекти самі по собі роблять сільське господарство нестабільною торгівлею, і це неминуче буде ускладнене і дороге будь-яке подальше посилення стандартів якості.

Використання мулу в природних лісах, як правило, неприйнятне через їх особливу екологію, але при виробництві деревини з інтенсивним лісоматеріалами та короткій ротації шлам може мати шлам вигідне використання та наявність непродуктивних мереж, рівень стурбованості таким використанням має бути менше. Аналогічно і в рекультивації земель, хоча тут необхідна велика одноразова слід визнати застосування для швидкого встановлення родючості ґрунтів. Шлам призначений для приємності та садівничих потреб потрібно ставитися до високого рівня запаху, видалення збудника та посліду через ймовірність доступу громадськості до оброблених територій.

Спалювання - це висока ціна/висока технологія, і наразі це лише один ймовірно економічно вигідний для великих міст. Він не має високого рівня громадської прийнятності. Побоювання щодо викидів газу та отримання згоди на будівництво нових спалювальних пристроїв є часто важкою процедурою.

Щоб бути прийнятним з точки зору ієрархії поводження з відходами, спалювання повинно проводитися автотермічно - тобто достатня кількість води повинна бути видалена механічним зневодненням та термічною сушкою, щоб шлам згорів без використання допоміжного палива. Незважаючи на те, що це технічно можливо, порівняно мало сучасних мулів спалювальні пристрої фактично відновлюють енергію, крім тієї, яка необхідна для переробки експлуатація, імовірно, через вартість та поточну відносно низьку ціну енергії.

Однак у деяких країнах все більше використовується шлам (та інші органічні відходи) на електростанціях або у виробництві цементу як заміник палива. Спалювання фактично є лише засобом мінімізації мулу; це не засіб повне утилізація, оскільки 30% сухих твердих речовин залишаються у вигляді золи. Зола класифікована як небезпечні відходи через вміст важких металів, і таким чином виникають подальші витрати для його захоронення на спеціальних сміттєзвалищах. Однак є можливості для використання золи, наприклад, для будівельних матеріалів, і коли шлам використовується як паливо в цементі. Виробництво, зола стає невід'ємною частиною продукту.

Утилізація мулу на сміттєзвалищі була найпоширенішим методом та найнижчою вартістю утилізація мулу в Європі, але в даний час загальноновизнана як нестійка відведення через занепокоєння щодо забруднення, втрати вторинних матеріалів та втрати порожнечі ті відходи, які неможливо переробити. Директива ЄС щодо сміттєзвалища (1999/31 / ЕС) вимагає від усіх держав-членів розробити національні стратегії щодо зменшення біологічного розкладання відходи збираються на сміттєзвалище. Насправді, ряд країн вже ввели такі заходи, які при повному здійсненні протягом наступних кількох років фактично будуть заборонені утилізація мулу на сміттєзвалищі, якщо тільки не зола.

Фактори, що впливають на поточні та майбутні варіанти управління мулом.

Одне з найважливіших проблем, з яким стикаються водоканали у наданні комунальних послуг збирання, переробки та утилізації стічних вод та мулу, це не всі фактори які впливають на їх операції, знаходяться під їх прямим контролем. Незважаючи на це, вода комунальні підприємства, як правило, несуть повну відповідальність за забезпечення екології та здоров'я і економічні стандарти дотримані. Ця ситуація загалом ускладнюється низький рівень прийняття або оцінку поводження з мулом з боку населення.

Основні фактори, що впливають на безпеку операцій з управління мулом (якість, кількість та утилізація), які знаходяться або під контролем водоканалів можна підсумувати наступним чином.

Якість мулу має великий вплив на доступні варіанти поводження з мулом водоканали, але якість мулу лише частково знаходиться під їх контролем. Поки є доступні різні технологічні рішення для пом'якшення проблем запаху, збудника вмісту, фізичного стану тощо, хімічна якість шламу значною мірою зовні контроль за водокористуванням. У більшості країн стандарти якості промислових стоків для Росії, зливи в каналізацію не встановлюються та не контролюються водоканалом, і все-таки випуск концентрація важких металів у мулі по відношенню до його використання на суші все ще переважає суспільне та політичне сприйняття прийнятності цієї точки зору.

Можливо, це матиме значні наслідки для витрат для досягнення нижчих викидів. Однак це так дифузні джерела важких металів, які все більше диктують, чи відповідає якість мулу зі стандартами використання на суші, але такі джерела знаходяться повністю поза водокористуванням контроль (наприклад, цинк та мідь значною мірою походять з водопровідних труб, побутових продуктів, тощо), і за визначенням їх дуже важко контролювати. Для зменшення таких джерел металів вимагало б національного та міжнародного втручання і, безсумнівно, зазнає цього значні витрати, які в кінцевому підсумку мали б нести споживач.

Ця ситуація ще більше посилилася увагою, що в останні роки отримували органічні забруднення в мулі, такі як діоксини, незважаючи на те, що є достатньо доказів, які свідчать про те, що вони навряд чи становлять ризик.

Через інтерес ЗМІ та громадськості до таких питань, можливо, це обмеження для всього ЄС величини можуть бути введені, незважаючи на той факт, що концентрації таких сполук оскільки діоксини швидко знижуються з моменту свого піку в 50-х роках.

Крім того, огляд сполук, які зараз контролюються національним законодавством у Росії Європа чітко демонструє відсутність наукових доказів, оскільки щодо цього є мало згоди які сполуки і граничні концентрації. Деякі країни зосередили свою увагу на стані сполуки, які можуть виникати при відносно високих концентраціях (наприклад, LAS), в той час як інші встановили обмеження для непокірних сполук, які містяться в дуже низьких концентраціях(наприклад, діоксини / фурани, РСВ).

Встановлення стандартів, що регулюють використання або утилізацію мулу, не знаходяться поза межами контроль над водоканалами, але такі управління мають істотний вплив на їхнє значення необхідні для управління мулом. Більш обмежуючі стандарти для забезпечення більшої кількості безпеки навколишнє середовище та здоров'я людини неминуче збільшують витрати через необхідність подальша обробка мулу, доступ до додаткової землі або розробка нових відходів. Налаштування стандарти є складним і складним питанням, і між ними слід досягти балансу прагнення мінімізувати забруднення навколишнього середовища, з одного боку, і того, що можна досягти та доступний з іншого.

Директиви 86/278 / ЄЕС було впроваджено, але, як було сказано вище, подальше велике скорочення буденабагато складніше досягти через переважання дифузних джерел.

Слід прийняти цілісний та науковий підхід з урахуванням:

- Екологічні наслідки
- Переваги
- Перспектива щодо інших входів
- Вплив на інші торгові точки
- Запобіжний підхід
- Вартість

Потенційна проблема з цим типом запобіжний підхід полягає в тому, що він враховує лише конкретний вихід шламу; це не обов'язково вирішувати проблеми більш цілісно, наприклад, якщо також встановлені граничні значення низький вміст мулу та утилізація мусить утилізуватися іншими способами, є загальним ефектом використовуючи альтернативну розетку більш-менш прийнятну чи завдає шкоди навколишньому середовищу.

## 5.2 Розрахунки

Витрати на обробку і утилізацію мулу

Прямі витрати

Загальновизнано, що обробка мулу та утилізація становлять близько половини загальні витрати на очищення та утилізацію стічних вод. Це дуже дорогий, оскільки на об'єм мокрого мулу припадає менше 1% стічних вод.

Найбільш вагомі витрати на очищення мулу, і це зростатиме ще більше вводяться суворі гігієнічні стандарти. Очищення та висушування мулу також є дуже дорого, хоча це компенсується економією, що досягається високою вартістю перевезення вологий мул.

Звичайне очищення та використання у сільському господарстві чи утилізації на сміттєзвалище - це варіанти з найнижчою вартістю, хоча обидва можуть бути дорожчими, ніж дорожчі технічні рішення через високі експлуатаційні витрати, і у випадку сміттєзвалище, на якому передбачені повні витрати на будівництво майданчика для одночасного утилізації.

Компост, термічне сушіння та спалювання, як правило, значно дорожчі, ніж основні варіанти, але все ще мають широкий діапазон витрат, що відображають розмір рослини, тип технології тощо.

В майбутньому мул потрібно буде обробляти за вищими стандартами, особливо, щодо гарантованого видалення забрудника для використання мулу в

сільському господарстві. Це неминуче збільшить витрати на сільгосптехніку та змусить водокористування переоцінити, чи залишається сільгоспвиробник фінансово життєздатним порівняно з, скажімо, спалювання. Там, де задіяні великі капітальні витрати, водопостачання потрібно бути впевненим, що інвестиційний період надійний. У таблиці 1 наведено орієнтовні витрати на ймовірні капітальні та експлуатаційні витрати для очищення стічних вод.

Таблиця 5.1 Вартість утилізації мулу

Вид утилізації мулу	Одноразові витрати <sup>1</sup> (фунти)	Операційні витрати Фунт / на тонну <sup>2</sup>
Вапнування	600 000	60
Сушіння	2 000 000	40
Компостування	4 000 000	35
Рідке тепло	750 000	20

1 Різні доповнення для травлення рослин

2 Передбачає наявну вартість зневоднення

З таблиці 1 видно, що додавання вапна має найнижчу вартість, але має найбільшу операційні витрати. Термічна сушка та компостування мають найбільші капітальні витрати (3 – 5 в рази більше, ніж обробка вапна), але експлуатаційні витрати складають до половини витрат на обробку вапном.

У цьому порівнянні термічний гідроліз мулу забезпечив найбільш рентабельний варіант утилізації з досить низькою капітальною вартістю найменшими експлуатаційними витратами.

### 5.3 Висновки

Забруднення води викликає велике занепокоєння в усьому світі, і його можна в основному розділити на три основні категорії, тобто забруднення органічними сполуками, неорганічними сполуками (наприклад, важкими металами) і мікроорганізмами. В останні роки збільшується кількість діагностичних досліджень по використанню ефективних процесів очищення і мінімізації забруднення водних об'єктів. У цьому контексті використання біоремедіаційних процесів для видалення токсичних металів з водних розчинів привертає значну увагу. Біоремедіація може бути визначена як здатність певних біомолекул або типів біомаси пов'язувати і концентрувати обрані іони або інші молекули, присутні в водних розчинах.

Біоремедіація за допомогою мікроорганізмів демонструє великий потенціал для подальшого розвитку завдяки його екологічній сумісності і можливої економічній ефективності. Широкий спектр мікроорганізмів, включаючи бактерії, грибки, дріжджі і водорості, може діяти як біологічно активні метілятори, здатні принаймні модифікувати токсичні види. Багато мікробних детоксикаційних процесів передбачають витік або виключення іонів металів з клітки, що в деяких випадках може привести до високих локальних концентрацій металів на клітинній поверхні, де вони можуть вступати в реакцію з біогенними лігандами і осадом.

Хоча мікроорганізми не можуть знищити метали, вони можуть змінити їх хімічні властивості за допомогою дивного набору механізмів. Основна мета цього розділу - надати оновлення недавньої літератури, що стосується стратегій відновлення забруднених металами водних об'єктів за допомогою мікроорганізмів і критично обговорити їх основні переваги та слабкі сторони. Основна увага приділяється важким металам, пов'язаних із забрудненням навколишнього середовища, наприклад, свинцем (Pb), кадмієм (Cd) і хромом



(Cr), які потенційно небезпечні для екосистем. Докладно розглядаються типи мікроорганізмів, які використовуються в процесах біоремедіації завдяки їх природної здатності до біосорбних токсичних іонів важких металів. В цьому розділі узагальнено наявні знання з різних аспектів основ і додатків біоремедіації і критично розглянуті перешкоди для її комерційного успіху і перспектив майбутнього.

Термічна сушка і компостування мають найбільші капітальні витрати (3 - 5 в рази більше, ніж обробка вапна), але експлуатаційні витрати становлять майже половину витрат на обробку вапном.

У цьому порівнянні термічний гідроліз мулу забезпечив найбільш рентабельний варіант утилізації з досить низькою капітальної вартості найменшими експлуатаційними витратами.

## ВИСНОВКИ

Ми бачимо, що стандартні методи очистки досить різноманітні, але, їх розвиток не встигає за еволюцією забруднювачів, які стають все більш різноманітними слідом стрімкому розвитку науково-технічного прогресу.

Ряска вважається перспективним макрофітом для сталого очищення стічних вод завдяки їх швидкому зростанню, простоті збирання та потенціалу використання виробленої біомаси як органічних добрив або сировини для виробництва біопалива та інших продуктів. Недавні інтенсивні дослідження різних видів ряски для очищення стічних вод [15] продемонстрували важливість вибору еко типу ряски, найкраще підходить для конкретних місцевих проектів санації. У представленій роботі ми зібрали зразки ряски на сході Китаю (головним чином з озера Гонзе в провінції Цзянсу та Шанхаю), визначили біорізноманіття видів за допомогою молекулярних маркерів та протестували чотири обрані еко типи для біоремедіації місцевих комунальних та промислових стічних вод.

Усі випробувані види ряски були досить ефективними у видаленні азоту та фосфору зі стічних вод, проте демонстрували різну динаміку накопичення. *L. punctata* показала найбільш повільну швидкість видалення азоту та фосфору протягом перших 3 днів в експериментах як з комунальними, так і з промисловими стічними водами, в той час як *L. turionifera* продемонстрував найбільш швидку швидкість видалення з міських стічних вод, а *L. aequinoctialis* - з промисловими стічними водами. Забруднення води викликає велике занепокоєння в усьому світі, і його можна в основному розділити на три основні категорії, тобто забруднення органічними сполуками, неорганічними сполуками (наприклад, важкими металами) і мікроорганізмами. В останні роки збільшується кількість діагностичних досліджень по використанню ефективних

процесів очищення і мінімізації забруднення водних об'єктів. У цьому контексті використання біоремедіаційних процесів для видалення токсичних металів з водних розчинів привертає значну увагу. Біоремедіація може бути визначена як здатність певних біомолекул або типів біомаси пов'язувати і концентрувати обрані іони або інші молекули, присутні в водних розчинах.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ТА ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Располова І. М. Хімічний склад макрофітів і фактори, що визначають концентрацію мінеральних речовин у вищих водяних рослинах / І. М. Располова. – Київ: Л.: Наука, 2015. – 215 с.
2. Дмитрієва Н. Г. Роль макрофітов у перетворенні фосфору у воді / Н. Г. Дмитрієва, Л. О. Ейнор. // 5. – 2012. – С. 101–115с.
3. Коцар Є. М. Інженерні спорудження типу «биоплата» як блок доочищення й водоотведення з неканализованих територій / Є. М. Коцар. – Москва, 2011. – 205 с. – (4).
4. Обеззараження питної води ультрафіолетовими променями. Умови його проведення [Електронний ресурс]. – 2018. – Режим доступу до ресурсу:
5. Стан джерел питного водопостачання [Електронний ресурс]. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.medmat.pp.ua/10/26963.html>.
6. Головна водопідготовка Критерії якості питної води. Оцінка якості питної води - на що звернути увагу Критерії якості питної води. Оцінка якості питної води - на що звернути увагу [Електронний ресурс]. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://giropark.ru/uk/vodopodgotovka/drinking-water-quality-criteria-assessing-the-quality-of-drinking-water-what-to-look-for.html>.
7. <https://radicals.ru/uk/travmy/the-final-part-of-the-first-aid-instruction-scientific-library-abstracts-labor-protection-in-the-enterprise/> [Електронний ресурс]. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <https://radicals.ru/uk/travmy/the-final-part-of-the-first-aid-instruction-scientific-library-abstracts-labor-protection-in-the-enterprise/>.
8. Аналіз якості питної води [Електронний ресурс]. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <http://uadoc.zavantag.com/text/29510/index-1.html>.

9. Ладиженский В. Н. Захист водних об'єктів від забруднення поверхневим стоком з території полігонів ТБО / В. Н. Ладиженский, И. Е. Саратов. // 3. – 2010. – №11. – С. 112. Комплексное использование и охрана водных ресурсов / Под.ред. О.Л. Юшманова/ -М.: Агропромиздат, 1985.

10. Зарубаев Н.В. Комплексное использование водных ресурсов. – Л. Стройиздат, 1976.

11. Грищенко Ю.М. Комплексне використання та охорона водних ресурсів. Рівне, 1997.

12. Дікієва Д.М., Петрова И.А. Хімічний склад макрофітів і фактори, що визначають концентрацію мінеральних речовин у вищих водяних рослинах // Гідробіологічні процеси у водоймах / Під ред. И.М. Распопова. - Л.: Наука, 1983. - С. 107-213.

13. Дмитрієва Н.Г., Ейнон Л.О. Роль макрофітов у перетворенні фосфору у воді // Вод. Рес. - 1985. - № 5. - С. 101-110.

14. Короткевич Л.Г. До питання використання водоохранно-очистних властивостей очерету звичайного // Вод. Рес. - 1976. - № 5. - С. 198-204.

15. Коцар Е.М. Інженерні спорудження типу «биоплато» як блок доочищення й водоотведения з неканализованных територій: Тез. докл. междунар. конф. «AQUATERRA», Санкт-Петербург, 1999. - С. 72-73.

16. Ладиженський В.Н., Саратов И.Е. Захист водних об'єктів від забруднення поверхневим стоком з території полігонів ТБО // 1-я конференція з міжнародною участю «Співробітництво для рішення проблеми відходів», 5-6 лютого 2004 р., Харків.

17. Гидроэнергетика и комплексное использование водных ресурсов/ Под. ред. Непорожного П.С./ -М.: Энергоиздат, 1982.

18. Смирнова Н. Н. Еколого-фізіологічні особливості кореневої системи прибрежноводной рослинності / Н. Н. Смирнова. – Харків, 2011. – 300 с.

19. Стольберг В. Ф. Биоплато - ефективна малозатратна экотехнология очищення стічних вод / В. Ф. Стольберг. – Москва, 2016. – 312 с. – (6; № 1).
20. Тимофеева С. С. Биотехнология знешкодження стічних вод / С. С. Тимофеева., 2013. – 226 с. – (6).
21. Priya A. Assessing the potentials of Lemna minor in the treatment of domestic wastewater at pilot scale. / A. Priya, K. Avishek, G. Pathak // Environ Monit Assess / A. Priya, K. Avishek, G. Pathak., 2012. – С. 4301–4307.
22. Priya A. Assessing the potentials of Lemna minor in the treatment of domestic wastewater at pilot scale. / A. Priya, K. Avishek, G. Pathak., 2012.
23. Statistical Databases. Food and Agriculture Organization of the United Nations.. – 2014. – №5.
24. Sylvester-Bradley R. Statistical Databases. Food and Agriculture Organization of the United Nations. / 16. Sylvester-Bradley R, Kindred DR, Fukushi K., 2014.
25. He F. Application of aquatic plants in sewage treatment and water quality improvement. / He F, Wu Z.. – 641 с.
26. Controlling eutrophication by reducing reducing both nitrogen and phosphorus / Conley DJ, Paerl HW, Howarth RW, Boesch DF.. – 1014 с.
27. Dhote S. Water Quality improvement macrophytes-a review. Environ Monit Assess / Dhote S, Dixit S., 2012. – 149 с. – (1-4).
28. Fakhoorian T. Duckweed in bloom: the 2nd International Conference on Duckweed Research and Applications heralds the return of a plant model for plant biology. / Fakhoorian T, Mori K, Michael T.. – 737 с.
29. Duckweed in bloom: the 2nd International Conference on Duckweed Research and Applications heralds the return of a plant model for plant biology.. – 2016. – С. 1127– 1154..

30. Appenroth KJ. Resurgence of duckweed research and applications: report from the 3rd International Duckweed Conference / Appenroth KJ, Sree KS, Fakhoorian. – 2014. – С. 647–654.

31. Resurgence of duckweed research and applications: report from the 3rd International Duckweed Conference / Appenroth KJ., 2014. – 11 с.

32. Biodiversity of duckweeds in Eastern China and their potential for bioremediation. / Cheng J, Zha X, Peterson A, Chen G, 2018. – С. 1127–1154

33. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация ГОСТ 12.0.003–74. – [Действующий от 1974–10–13]. – М.: Стандартинформ 2006. – 4 с. – (Межгосударственный стандарт).

34. Основи охорони праці: підручник / О. І. Запорожець, О. С. Протоєрейський, Г. М. Франчук, І. М. Боровик. – К.: Центр учбової літератури, 2009. – 264 с.

35. Русаловський А. В. Правові та організаційні питання охорони праці / А. В. Русаловський – [4–те вид., допов. і перероб.]. – К.: Університет «Україна», 2009. – 295 с.

36. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно–гигиенические требования к воздуху рабочей зоны ГОСТ 12.1.005–88. – [Действующий от 29.09.1988]. – М.: Стандартинформ 2006. – 78 с. – (Межгосударственный стандарт).

37. Система стандартов безопасности труда. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация ГОСТ 12.4.011–89. – [Действующий от 01.07.1990]. – М.: Стандартинформ 2006. – 5 с. – (Межгосударственный стандарт).

38. Отопление, вентиляция и кондиционирование. СНиП 2.04.0591\*У Издание неофициальное, Киев. : КиевЗНИИЭП, 1996. – 89 с.

39. Опалення, вентиляція та кондиціонування. ДБН В.2.5–67:2013. Издание неофициальное, Киев. : КиевЗНИИЭП, 1996.

40. Пожарная безопасность. Общие требования ГОСТ 12.1.004–91. – [Действующий от 1992–01–07]. – М.: Стандартиформ 2006. – 65 с. – (Межгосударственный стандарт).
41. Горбачев В.В., Горбачева В.Н. Витамины. Макро– и микроэлементы. Справочник. Книжный Дом Интерпрессервис, Минск, 2009.
42. Казьмин В. Йод и железо для вашего здоровья. Изд. БАРОпресс, Ростов–на–Дону, 2005.
43. Карякин Ю.В., Ангелов И.И. Чистые химические вещества, «Химия», Москва, 1974 г.
44. Ковалев А.Я.. Еще раз об обезжелезивании воды. Журнал «Вода», сентябрь, 2008.
45. Шварц А.А. Экологическая гидрогеология, СПб 2007г.
46. Николадзе Г.И. Обезжелезивание природных и оборотных вод. Стройиздат, Москва, 1978.
47. Природопользование. Учебник. Арустамов Э.А. Издательский дом Дашков и Ко. М – 2008.