Форма № Н-9.02.1

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені Володимира Даля

Факультет _____ інженерії_____
(повне найменування факультету)

Кафедра_____хімічної інженерії та екології_____
(повна назва кафедри)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної магістерської роботи

освітнього ступеня _____магістр_____
(бакалавр, магістр)
спеціальності _____101 – Екологія_____
(шифр і назва спеціальності)

на тему: Перспективи використання методів анаеробної біологічної очистки стічних вод

Виконав: здобувач вищої освіти групи ___ПЕО-19дм__

_____Ліхобабіна В.А. .....
(прізвище, та ініціали) (підпис)

Керівник ___Блінова Н.К. .....
(прізвище та ініціали) (підпис)

Завідувач кафедрою ___Суворін О.В.__ .....
(прізвище та ініціали) (підпис)

Рецензент Лисиця В.Є. .....
(прізвище та ініціали) (підпис)

Сєвєродонецьк - 2021 р.

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені Володимира Даля

Факультет _____інженерії_____
Кафедра _____хімічної інженерії та екології_____
Освітній ступінь _____магістр_____
(бакалавр, магістр)
Спеціальність _____101 – Екологія_____
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Зав. кафедрою ХІЕ
_____ О.В. Суворін
“_____ ”_____ 2020 р.

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

_____Ліхобабіної Вікторії Андріївни_____

1. Тема роботи:
Перспективи використання методів анаеробної біологічної очистки стічних вод

Керівник роботи _____Блінова Наталія Костянтиніна, к.б.н., доц._____
(прізвище, ім’я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом по університету від 19.11.2020 р. № 163/15.25

2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи - 15 січня 2021 р.

3. Вихідні дані до роботи: літературні, патентні та регламентні дані.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):
Вступ. 1.Механізми самоочищення водойм. 2. Характеристика основних груп речовин, що забруднюють гідросферу 3. Правове регулювання охорони та використання вод 4. Аналітичний огляд.5.Анаеробне очищення стічних вод. 6. Порівняльна характеристика методів аеробної та анаеробної очистки. 7. Опис технологічного процесу. 8.Оцінка відверненого еколого-економічного збитку. 7. Охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

1. Особливості метаболізму аеробних та анаеробних бактерій (1 лист).
2. Схема анаеробного метанового процесу очистки стічних вод (1 лист).
3. Вигляд активного мулу аеробного та анаеробного процесу (1 лист).
4. Класифікація біоенергетичних установок (1 лист).
5. Порівняльна характеристика аеробної та анаеробної системи очистки стічних вод (1 лист).
6. Метантенк (1 лист).

6. Дата видачі завдання – 20 листопада 2020 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор №	Назва етапів кваліфікаційної магістерської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	23.11.2020	
2	Механізми самоочищення водойм. Характеристика основних груп речовин, що забруднюють гідросферу. Правове регулювання охорони та використання вод	25.11.2020	
3	Аналітичний огляд	27.11.2020	
4	Анаеробне очищення стічних вод	30.11.2020	
5	Порівняльна характеристика методів аеробної та анаеробної очистки	02.12.2020	
6	Опис технологічного процесу	05.12.2020	
7	Еколого-економічні розрахунки	20.12.2020	
8	Охорона праці	10.01.2021	
9	Висновки	14.01.2021	

Здобувач вищої освіти _____ ___Ліхобабіна В.А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ ___Блінова Н.К.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кількість	Примітка
				Текстові документи		
А4		1	*МР 08.01.ПЗ*	Пояснювальна записка магістерської роботи	1	
				Графічні документи		
А3		2	*МР 08.02.ОМ*	Особливості метаболізму аеробних та анаеробних бактерій	1	
А3		3	*МР 08.03.СХ*	Схема анаеробного метанового процесу очистки стічних вод	1	
А3		4	*МР 08.04.ВМ*	Вигляд активного мулу аеробного та анаеробного процесу	1	
А3		5	*МР 08.05.КУ*	Класифікація біоенергетичних установок	1	
А3		6	*МР 08.06.ТБ*	Порівняльна характеристика аеробної та анаеробної системи очистки стічних вод	1	
А3		7	*МР 08.07.ВЗ*	Метантенк	1	

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам.инв. №

Инв. № подл.

Зм.	*Арк*	*№ докум.*	*Підп.*	*Дата*
Розробив		*Ліхобабіна В.А*		
Перевірив		*Блінова Н.К.*		
Затвердив.		*Суворін О.В.*		

МР 08.01.ПЗ

Відомість магістерської роботи

Літ.	*Арк*	*Аркушів*

СНУ ім.В.Даля, ПЕО-19дм

РЕФЕРАТ

Магістерська робота на тему «Перспективи використання методів анаеробної біологічної очистки стічних вод» складається з пояснювальної записки, що містить сторінок, таблиць, малюнків, використано 31 найменувань літературних джерел. Графічна частина – 6 листів.

МІКРООРГАНІЗМИ, АКТИВНИЙ МУЛ, АНАЕРОБИ, БІОЛОГІЧНА ОЧИСТКА, МЕТАНТЕНК

На основі аналізу літературних джерел показані переваги та недоліки технологій біологічної очистки з використанням анаеробних методів. Як модельну ситуацію розглянуто виробництво кормових дріжджів з процесом анаеробної очистки стічних вод у метантенку із завислим активним мулом. Максимальна ефективність вилучення в метантенку відбувалась по органічній речовині і складала за показником ХСК – 85%, а за показником БСКповн – 90%. Вихід метану склав 7670,9 $м^3$ Відвернений еколого-економічний збиток при впровадженні природоохоронного заходу складає 33982 грн/рік.

ЗМІСТ

ВСТУП……

1. МЕХАНІЗМИ САМООЧИЩЕННЯ ВОДОЙМ……

2. ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНИХ ГРУП РЕЧОВИН, ЩО ЗАБРУДНЮЮТЬ ГІДРОСФЕРУ……

3. ПРАВОВЕ РЕГУЛЮВАННЯ ОХОРОНИ ТА ВИКОРИСТАННЯ ВОД ……....

3.1 Загальна характеристика водоохоронного законодавства

3.2 Нормування та стандартизація якості водного середовища …….. ……

4. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД…….

4.1Класифікація стічних вод ……..

4.2 Загальна характеристика методів очистки стічних вод….

4.3 Механічні методи очищення стічних вод……

4.4 Хімічні та фізико-хімічні методи……

4.5 Біологічна очистка стічних вод……

5.АНАЕРОБНЕ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД…….

5.1 Сутність процесу анаеробної ферментації та отримання біогазу…….

5.2 Характерні особливості анаеробного активного мулу…..

5.3 Застосування методів анаеробного очищення стічних вод……

6. ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДІВ АЕРОБНОЇ ТА АНАЕРОБНОЇ ОЧИСТКИ……..

7..ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ……..
7.1 Принцип будови та дії метантенку……
7.2 Приклад технології анаеробного очищення стічних вод……
7.3 Розрахунок матеріального балансу……
8.ОЦІНКА ВІДВЕРНЕНОГО ЕКОГО-ЕКОНОМІЧНОГО ЗБИТКУ…….
9.ОХОРОНА ПРАЦІ ……..
9.1 Загальні вимоги з питань охорони праці на виробництві….
9.2 Охорона праці та безпека при роботі метантенків……..

ВИСНОВКИ……..

АНОТАЦІЯ……

ЛІТЕРАТУРА……

ДОДАТКИ…….

ВСТУП

Анаеробні процеси очищення стічних вод не отримали ще широкого застосування, незважаючи на ряд очевидних переваг перед аеробними біологічними і хімічними процесами. Головна перевага полягає у високому ступені перетворення вуглецю органічних речовин, що містяться у вхідному потоці, в метан і діоксид вуглецю. Зменшення кількості вуглецю супроводжується зменшенням енергії, яку бактеріальна популяція витрачає на утворення біомаси, і, отже, кількість надлишкового мулу, що видаляється значно менша, ніж в аеробному процесі біологічного очищення. Крім того, утворюється біогаз, який представляє собою дуже цінне паливо.

Перший анаеробний реактор для обробки промислових стоків розроблений в 1929р. в Слагельсі (Данія) для обробки стоків дріжджового виробництва. Не дивлячись на те, що установка пропрацювала 30 років, розвиток даного напрямку не відбувався. Так відбувалося до тих пір, поки у Голландії в 80-х роках не впровадили у виробництво перший UASB – реактор (Upflow Anaerobic Sludge Blanket - анаеробний реактор з висхідним потоком мулу) [1].

Процес анаеробної очистки стічних вод знайшов своє застосування в промисловості, стоки яких багаті органічними забрудненнями (ХСК, БСК). В процесі очищення спеціальні гранули бактерій перетворюють вуглець забруднюючих речовин в біогаз, який в основному складається з метану. При анаеробної очистки стічні води не аеруються (процес проходить в безкисневих умовах), надмірна кількість мулу практично не утворюється.

Процеси анаеробної очистки є недорогі при експлуатації, та й ще призводять до утворення цінного палива - біогазу. Особливо вигідно проводити анаеробну очистку концентрованих промислових стоків, бо окислення великої кількості органічних речовин в аеробних умовах дуже затратне [1].

Для оптимізації процесів анаеробного очищення необхідно використовувати такі технології, при яких можливо підтримувати великі концентрації мулу в реакторі. Зараз методи анаеробного очищення і розвиваються у цьому напрямку, наприклад застосовуються ректори із завислим шаром мулу, із псевдозрідженим шаром; багато з таких технологій вже достатньо поширені.

Метою даної магістерської роботи є провести порівняльний аналіз методів аеробної та анаеробної очистки, показати переваги та недоліки анаеробних методів та перспективи їх використання.

1.МЕХАНІЗМИ САМООЧИЩЕННЯ ВОДОЙМ

Самоочищення (водоойм) — здатність екосистем до відновлення свого стану після надходження надмірних обсягів забруднювальних речовин, у тому числі надлишкової мертвої органіки (детриту).

Самоочищення водойм — одна з ключових інтегральних характеристик водних екосистем, пов'язана з наявністю усіх ланок угруповань гідробіонтів[2].

У природних водоймах розвиваються типові для певних місцевостей біоценози: водорості, бактерії, гриби, найпростіші, вищі, рослини й тварини. Ці біоценози перебувають у певній біологічній рівновазі, властивій даним кліматичним та екологічним умовам. Стічні води, що потрапляють до водойм, призводять до зміни умов середовища і біологічного складу. Якщо хімічний склад та інші властивості стічних вод сталі, у водоймі складається співтовариство організмів, що відповідає новим екологічним умовам. Різні групи організмів поетапно розкладають органічні речовини. У результаті складних біохімічних процесів бактерії та інші мікроорганізми розкладають вуглеводи, білки та жири на простіші сполуки. Кінцевими продуктами є мінеральні солі (сульфати, нітрати, фосфати), гази (вуглекислий газ, водень, гідрогенсульфід, аміак) і вода. Ці сполуки споживають із води водорості та вищі рослини. Водорості за наявності сонячного випромінювання засвоюють вуглекислий газ і виділяють кисень, який використовується для окиснення органічних сполук [3,4].

Дуже важливу роль у процесі самоочищення відіграють нижчі види тварин: найпростіші одноклітинні та ракоподібні. Вони живляться водоростями, грибами й бактеріями, запобігаючи надмірному розвитку останніх і можливості вторинного забруднення. Дрібні тварини поїдаються рибами, а риба використовується в їжу людиною та більшими тваринами. Так замикається ланцюг біологічних змін, пов'язаних із самоочищенням водойм.

Якщо розкладання органічних речовин відбувається повністю, а його продукти використовуються для побудови нової органічної матерії, надлишок її постійно видаляється з води. У водоймі встановлюється біологічна рівновага, наслідком якої є чиста вода.

Однією з найважливіших умов, необхідних для перебігу біологічних та біохімічних процесів у напрямку самоочищення води, є наявність у ній розчиненого кисню. Якщо кількість кисню достатня для біологічних перетворень органічних забруднень, процес самоочищення води відбувається безперервно з підтриманням у середовищі достатнього вмісту кисню. Якщо ж кисню у воді міститься недостатньо, його може не вистачити для підтримання життєвих процесів: аеробне середовище в такому разі перетворюється на анаеробне. Органічні сполуки замість окиснення зазнають анаеробного розкладання з виділенням гідрогенсульфіду, метану, водню, оксиду карбону (IV), що призводить до вторинного забруднення водойми.

Швидкість біологічних процесів у водоймі залежить від багатьох факторів. Так, з підвищенням температури вона зростає, що супроводжується швидшою витратою кисню у водоймі. Це спричинює певну небезпеку для водойм у разі скидання в них значної кількості стічних вод улітку або теплих стоків. Влітку кисень витрачається значно швидше, ніж узимку [2].

Самоочищення водних екосистем є наслідком здатності до саморегулювання. Надходження речовин із зовнішніх джерел – дія, якій водна екосистема здатна протистояти в певних межах за допомогою внутрішньосистемних механізмів. В екологічному сенсі самоочищення е наслідком процесів залучення речовин у біохімічні кругообіги за участі біоти і чинників неживої природи, що надійшли у водний об'єкт. Кругообіг будь-якого елемента складається з двох основних фондів – резервного, утвореного великою масою компонентів, що поволі змінюються, і обмінного (циркуляційного), який характеризується швидким обміном між організмами і місцем їх існування. Всі біохімічні кругообіги можна поділити на два основні типи – з резервним фондом в атмосфері (наприклад, азот) і з резервним фондом

у земній корі (наприклад, фосфор).

Самоочищення природних вод здійснюється завдяки залученню речовин, що надходять із зовнішніх джерел, до процесів трансформації. Внаслідок цього речовини, що надійшли, повертаються до свого резервного фонду.

Важливу роль в існуванні гідробіонтів відіграє якість води у водоймі, яку вони населяють. У сучасній промисловості, сільському і лісовому господарствах, комунальних підприємствах використовується величезна кількість хімічних речовин, які викидаються у навколишнє середовище і зрештою потрапляють у водойми та призводять до їх забруднення. Внаслідок збільшення антропогенних чинників порушується біологічна рівновага у водоймах і процеси їхнього самоочищення, знищуються нерестовища і нагульні угіддя для іхтіофауни, обмежуються шляхи міграції, провокуються захворювання риб, погіршується якість рибної продукції, змінюються кількість і якість кормових організмів [4].

Крім того, забруднювальні речовини впливають на органолептичні властивості води, надають їй неприємного присмаку, запаху, кольору та прозорості.

Проте, процесам самозабруднення у водоймах різних типів протистоять процеси самоочищення, під якими розуміють сукупність реакцій розщеплення і виведення забруднюючих речовин з кругообігу водного середовища.

Самоочищення природних водойм відбувається під впливом надзвичайно різноманітних чинників, що діють одночасно в різних поєднаннях:

а) гідравлічні – розведення і змішування забруднень з основною масою води;

б) механічні – осадження зважених частинок;

в) фізичні – вплив сонячної радіації і температури;

г) хімічні – окислювання органічних і мінеральних забруднень, які визначаються за БСК (біологічним споживанням кисню), ХСК (хімічним споживанням кисню) або за загальним вмістом органіки;

д) біологічні – рослинний і тваринний світ, що бере участь у

самоочищенні.

Самоочищення — здатність екосистем до відновлення свого стану після надходження надмірних обсягів забруднювальних речовин, у тому числі надлишкової мертвої органіки (детриту). Дуже важливу роль у процесі самоочищення відіграють нижчі види тварин: найпростіші одноклітинні та ракоподібні. Вони живляться водоростями, грибами й бактеріями, запобігаючи надмірному розвитку останніх і можливості вторинного забруднення.

Швидкість біологічних процесів самоочищення у водоймі залежить від багатьох факторів. Зокрема, від місця розташування природних водотоків (географічний чинник) та морфометричних характеристик водойм (швидкості течії, глибини). Також, важливу роль відіграють кліматичні та мікрокліматичні умови, гідрологічний режим, стан ґрунтів та рослинність [2,4].

В результаті самоочищення забруднена вода стає прозорою, неприємний запах зникає, органічні речовини мінералізуються, частина патогенних збудників гине і вода відновлює ті якості, які необхідні для життя та відтворення іхтіофауни.

2.ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНИХ ГРУП РЕЧОВИН, ЩО ЗАБРУДНЮЮТЬ ГІДРОСФЕРУ

Під забрудненням водних ресурсів розуміють будь-які зміни фізичних, хімічних і біологічних властивостей води у водоймах у зв'язку зі скиданням у них рідких, твердих і газоподібних речовин, що заподіюють чи можуть створити незручності, роблячи воду даних водойм небезпечною для використання, наносячи збиток народному господарству, здоров'ю і безпеці населення [5].

Забруднення, що надходять у водне середовище, класифікують по-різному, у залежності від підходів, критеріїв і завдань. Так, звичайно виділяють механічне, хімічне, фізичне і біологічне забруднення.

Хімічне забруднення найбільш поширене. Воно створює зміну природних хімічних властивостей води за рахунок збільшення вмісту в ній шкідливих домішок як неорганічної (мінеральні солі, кислоти, луги, глинисті частки), так і органічної природи (нафта і нафтопродукти, органічні залишки, поверхнево активну речовину, пестициди).

Забруднення нафтою. Нафта і нафтопродукти є найбільш поширеними забруднюючими речовинами у Світовому океані. До початку 80-х років в океан щорічно надходило близько 16 млн. т. нафти, що становило 0, 23% світового видобутку. Велика частина нафти, що забруднює моря й океани, потрапляє туди не в результаті аварій чи природних катастроф, а як наслідок ординарних операцій. Навіть в 1979 р. - рекордному році з природних катастроф і аварій - через природні лиха і аварії танкерів в океан потрапило вдвічі менше нафти, ніж у результаті надходження туди нафти від двигунів внутрішнього згоряння і промислових підприємств [6]. У період за 1962-79 роки в результаті аварій у морське середовище надійшло близько 2 млн. т. нафти. За останні 30 років, по чинаючи з 1964 року, пробурено близько 2000 свердловин у Світовому

океані, з них тільки в Північному морі 1000 і 350 промислових свердловин обладнано. Через незначних витоків щорічно втрачається 0,1 млн. т. нафти. Великі маси нафти надходять у моря по ріках, з побутовими й зливовими стоками. Обсяг забруднень із цього джерела становить 2,0 млн. т. / рік. З стоками промисловості щороку потрапляє 0, 5 млн. т. нафти. Потрапляючи в морське середовище, нафта спочатку розтікається у вигляді плівки, утворюючи шари різної потужності. За кольором плівки можна визначити її товщину:

Нафтова плівка змінює склад спектра і інтенсивність проникнення у воду світла. Плівка товщиною 30-40 мкм повністю поглинає інфрачервоне випромінювання. Змішуючись із водою, нафта утворює емульсію двох типів: пряму «нафта у воді» і зворотну «вода в нафті». Прямі емульсії, складені крапельками нафти діаметром до 0,5 мкм, менш стійкі й характерні для нафти, що містить поверхнево-активні речовини. При видаленні летучих фракцій, нафта утворює в'язкі зворотні емульсії, які можуть зберігатися на поверхні, переноситися течією, викидатися на берег і осідати на дно [2,6].

Крім впливу на окремі водні організми, нафта впливає і на цілі екосистеми. У районах, де нафта часто потрапляє у воду, помітними стають і зміни видового складу морського співтовариства. Як нафту, так і нафтові смоли (гудрон) містять деякі канцерогенні речовини. Результати декількох досліджень, проведених на молюсках у забруднених водах, свідчать про те,що у цих тварин виявляється аномально велику кількість новоутворень, схожих з раковими пухлинами людини.

Після потрапляння нафти або нафтопродуктів у воду потрібен певний час для зникнення їхніх слідів. Сюди треба включити і час, необхідний для повторного заселення забрудненої зони тими ж і в тій же кількості організмами, які мешкали тут раніше. Якщо викид нафти не привів до повної загибелі всіх місцевих організмів, то ті, які залишилися, розмножуючись, починають заповнювати вільний простір, у міру того як зникає нафта. Сюди ж починають прибувати організми з сусідніх областей, або припливаючи, або переносячись течіями води (наприклад, личинки), або виселяючись з сусідніх колоній

(водорості). Міжвидова конкуренція і хижацтво приводять до встановлення рівноваги між різними групами. Згубний вплив нафти може позначатися протягом довгих років.

Питання про самоочищення морських вод від нафтового забруднення вивчено досить слабо. У цьому складному комплексному процесі провідне положення займає біологічний фактор, при якому в результаті діяльності нафтоокислюючих організмів відбувається трансформація нафтового забруднення до простих сполук (вуглекислоти і води), накопичення нової органічної речовини в результаті наростання біомаси мікроорганізмів.

Однак, природні процеси самоочищення вже не справляються з причиною систематичного потрапляння нафти і нафтопродуктів в морську воду. За останні роки накопичений значний матеріал з розробки різних методів для усунення нафтових забруднень. Зупинимося на них більш докладно.

- Нафту і нафтопродукти можна спалювати, але тільки відразу після розливу, так як вона протягом перших двох годин втрачає легкі фракції, і швидко розтікаючись, утворює тонкий шар, а охолоджуюча дія води, що знаходиться під цим шаром, призводить до припинення горіння.
- Нафту і нафтопродукти можна збирати з поверхні води трьома
- способами: простим вичерпуванням вручну з борту невеликих катерів; обмеження нафтової плівки за допомогою плаваючих бонів з подальшою її концентруванням шляхом зменшення поверхні і зближення бонів; складними машинними комплексами.
- Нафту, плаваючу на поверхні води, можна частково зібрати, накривши її адсорбуючим матеріалом.
- Перспективним методом обробки є покриття нафтової плівки порошком або дрібногранульованою речовиною, яка, змішуючись з нафтою, приклеюються і затоплює її. Однак, численні експерименти показали, що через кілька місяців затоплена маса стає рухливою, і нафта може піднятися при хвилюванні моря.

- Перспективним є використання детергентів, до яких відносяться речовини, що утворюють емульсію і хімічно впливають на молекули вуглеводневих сполук і змінюють їх поверхневий натяг [6].

Пестициди. Пестициди становлять групу штучно створених речовин, що використовуються для боротьби з шкідниками і хворобами рослин. Пестициди діляться на наступні групи: інсектициди для боротьби з шкідливими комахами, фунгіциди й бактерициди - для боротьби з бактеріальними хворобами рослин, гербіциди проти бур'янів.

Встановлено, що пестициди знищуючи шкідників, завдають шкоди багатьом корисним організмам і підривають здоров'я біоценозів. У сільському господарстві давно вже стоїть проблема переходу від хімічних (забруднюючих середовище) до біологічних (екологічно чистих) методів боротьби зі шкідниками. В даний час більше 5 млн. т. пестицидів надходить на світовий ринок, близько 1, 5 млн. т. цих речовин уже ввійшло до складуназемних і морських екосистем наземним і водним шляхом. Промислове виробництво пестицидів супроводжується появою великої кількості побічних продуктів, що забруднюють стічні води. У водному середовищі частіше інших зустрічаються представники інсектицидів, фунгіцидів і гербіцидів. Синтезовані інсектициди діляться на три основних групи: хлорорганічні, фосфорорганічні і карбонати.

Хлорорганічні інсектициди отримують шляхом хлорування ароматичних і гетероциклічних рідких вуглеводнів. До них відносяться ДДТ і його похідні, в молекулах яких стійкість аліфатичних і ароматичних груп у спільній присутності зростає, усілякі хлоровані похідні хлордиєну. Ці речовини мають період напіврозпаду до декількох десятків років і дуже стійкі до біодеградації. У водному середовищі часто зустрічаються поліхлорбіфеніли - похідні ДДТ без аліфатичної частини, що нараховують 210 гомологів і ізомерів. За останніми 40 0 років використано більше 1, 2 млн. т. поліхлорбіфенілів у виробництві пластмас, барвників, трансформаторів, конденсаторів. Поліхлорбіфеніли (ПХБ) потрапляють у навколишнє середовище в результаті скидань промислових стічних вод і спалювання твердих відходах на звалищах. Останнє джерело

поставляє ПХБ в атмосферу, звідки вони з атмосферними опадами випадають в усі районах земної кулі. Так у пробах снігу, узятих в Антарктиді, вміст ПХБ склало 0, 03 - 1, 2 кг / л.

Синтетичні поверхнево-активні речовини. Детергенти (СПАР) належать до великої групи речовин, що знижують поверхневий натяг води. Вони входять до складу синтетичних миючих засобів (СМЗ), широко застосовуваних у побуті та промисловості. Разом зі стічними водами СПАР попадають у материкові води й морське середовище. СМЗ містять поліфосфати натрію, у яких розчинені детергенти, а також ряд додаткових інгредієнтів, токсичних для водних організмів: ароматизуючи речовини, відбілюючі реагенти (персульфати, перборати), кальцинована сода, карбоксиметилцелюлоза, силікати натрію. Залежно від природи і структури гідрофільної частини молекули СПАР поділяються на аніонактивні, катіоноактивні, амфотерні і неіоногенні. Останні не утворюють іонів у воді. Найбільш поширеними серед СПАР є аніонактивні речовини. На їх частку припадає понад 50% усіх вироблених у світі СПАР. Присутність СПАР в стічних водах промисловості пов'язане з використанням їх у таких процесах, як флотаційне збагачення руд, поділ продуктів хімічних технологій, отримання полімерів, поліпшення умов буріння нафтових і газових свердловин, боротьба з корозією устаткування. У сільському господарстві СПАР застосовується в складі пестицидів.

Важкі метали. Важкі метали (ртуть, свинець, кадмій, цинк, мідь, миш'як) відносять до числа розповсюджених і досить токсичних забруднюючих речовин. Вони широко застосовуються в різних промислових виробництвах, тому, незважаючи на очисні заходи, зміст сполуки важких металів у промислових стічних водах досить високий. Великі маси цих сполук надходять в океан через атмосферу. Для морських біоценозів найнебезпечніші ртуть, свинець і кадмій. Ртуть переноситься в океан з материковим стоком і через атмосферу. При вивітрюванні осадових і вивержених порід щорічно виділяється 3, 5 тис. т. ртуті. У складі атмосферного пилу міститься близько 121 тис. т. ртуті, причому значна частина - антропогенного походження. Близько

половини річного промислового виробництва цього металу (910 тис. т. / рік) різними шляхами потрапляє в океан. У районах, що забруднюються промисловими водами, концентрація ртуті в розчині й суспензіях сильно підвищується. При цьому деякі бактерії переводять хлориди у високотоксичну метил-ртуть [5].

Зараження морепродуктів неодноразово приводило до ртутного отруєння прибережного населення. ДО 1977 року налічувалося 2800 0 жертв хвороби Мінамата, причиною якої послужили відходи підприємств з виробництва хлорвінілу й ацетальдегіду, на яких як каталізатор використовувалася хлориста ртуть. Недостатньо очищені стічні води підприємств надходили в затоку Мінамата. Свинець - типовий розсіяний елемент, що міститься у всіх компонентах навколишнього середовища: у гірських породах, ґрунтах, природних водах, атмосфері, живих організмах. Нарешті, свинець активно розсіюється в навколишнє середовище в процесі господарської діяльності людини. Це викиди з промисловими і побутовими стоками, з димом і пилом промислових підприємств, з вихлопними газами двигунів внутрішнього згоряння [3]. Міграційний потік свинцю з континенту в океан йде не тільки з річковими стоками, але й через атмосферу. Інша хвороба - ітай-ітай - викликана хронічним отруєнням кадмієм, що знаходиться в рисі. А рис нагромаджував цю речовину через забруднення відходами гірничодобувної промисловості, розміщеної навколо полів. Смертність серед хворих досягала 50%.

Для захисту гідросфери, водойм необхідно впроваджувати сучасні технології очистки стічних вод, зменшувати водоємність виробництв та дотримуватися норм та правил водоохоронного законодавства.

3.ПРАВОВЕ РЕГУЛЮВАННЯ ОХОРОНИ ТА ВИКОРИСТАННЯ ВОД

3.1 Загальна характеристика водоохоронного законодавства

Одним із видів природних об'єктів є води. Вода входить до складу всіх елементів біосфери, вона присутня не лише у водних об'єктах (водоймах, річках тощо), а й у повітрі, фунті, живих істотах і є найважливішим екологічним чинником у житті наземних організмів, основною частиною протоплазми клітин, тканин, рослинних і тваринних соків. Води становлять середовище перебування представників рослинного і тваринного світу. З давніх-давен наявність водних ресурсів була вирішальним фактором при визначенні місць розселення людей [4].

Води виконують екологічну, економічну й культурно-оздоровчу функції. Екологічна виражається в забезпеченні природних умов життя на землі; економічна-у тому, що вони є досить важливим енергетичним і транспортним ресурсом, невід'ємною частиною промислового й сільськогосподарського виробництва; культурно-оздоровча виявляється у використанні їх для відпочинку, водного туризму, спортивно-любительського рибальства, санітарно-курортного лікування, організації заказників і заповідників.

Необхідність правового регулювання охорони [7,8], використання й відтворення вод викликана низкою чинників:

- 1) установленим екологічним станом природного об'єкта. Так, розпорядженням Кабінету Міністрів України від 17 жовтня 2007 року схвалено Концепцію національної екологічної політики України на період до 2020 року. Серед проблем, на розв'язання яких спрямовано цей правовий документ, можна назвати: а) втрату значною частиною водних об'єктів своєї природної чистоти й порушення їх здатності до самоочищення; б) перевищення обсягу природного стоку вод у результаті забруднення водних об'єктів сполуками важких металів, азотом,

сульфатами, нафтопродуктами й фенолами; в) скидання в річки в ряді областей забруднених вод;

- 2) зростаючими масштабами споживання: витрати свіжої води на одиницю випущеної продукції в Україні перевищують аналогічні показники порівняно з Францією - у 2,5 разу, Німеччиною й Великобританією - у 4,3 разу;
- 3) урахуванням таких якостей цього природного об'єкта, як обмеженість і вразливість.

Правова охорона й використання вод в Україні забезпечується Конституцією України (1996 року), Водний кодекс України (1995 року)1, законами України "Про охорону навколишнього природного середовища" (1991 року), "Про питну воду та питне водопостачання" (2002 року), "Про загальнодержавну програму розвитку водного господарства" (2002 року) та ін., розпорядженнями й указами Президента України, постановами Кабінету Міністрів України та ін. [7,8].

Завданням водного законодавства є регламентація правових відносин з метою забезпечення збереження й науково обґрунтованого, раціонального використання вод для потреб населення й галузей економіки, відтворення водних ресурсів, охорона вод від забруднення, засмічення й вичерпання, запобігання шкідливим їх діям і ліквідація наслідків, поліпшення стану водних об'єктів, а також охорона прав підприємств, установ, організацій і громадян на водокористування.

Усі води - поверхневі, підземні, морські - входять до складу природних ланок водного круговороту.

На території України всі водні об'єкти становлять її водний фонд, до якого належать: а) поверхневі води, б) підземні води і джерела, в) внутрішні морські води і джерела і г) внутрішні морські води й територіальне море.

Водний кодекс України закріплює особливе правове становище цих природних об'єктів на території держави як національне надбання всього народу. Це їх особливе правове становище спирається на поєднання

специфічних характеристик вод як а) частини навколишнього природного середовища, екосистеми, б) природного об'єкта, в) об'єкта права власності (причому Водний кодекс України закріплює, що вони становлять виключну власність Українського народу і можуть надаватися лише в користування) і г) об'єкта нерухомості, на чому наголошують відповідні положення Цивільного кодексу України.

3.2 Нормування та стандартизація якості водного середовища

Для розробки єдиних критеріїв підходу до проблеми раціонального використання і охорони водних ресурсів в Україні останніми роками розроблено і затверджено низку нових державних стандартів і нормативів, які забезпечують екологічну і санітарно-гігієнічну безпеку використання вод [9]. У цих документах наводяться основні положення, терміни, поняття і класифікації; містяться методи, методики та засоби визначення складу і властивостей вод; вимоги до збирання, обліку, обробки, збереження, аналізу інформації та прогнозування кількісних і якісних показників стану вод, також вимоги щодо раціонального використання та охорони вод у галузевих стандартах і технічних умовах на технологічні процеси, продукцію та послуги; містяться метрологічні норми, правила, вимоги до організації робіт тощо.

Державні стандарти в галузі використання, охорони та відтворення водних ресурсів є обов’язковими для виконання. Вони розробляються і затверджуються відповідно до Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища», Водного кодексу України та інших законодавчих актів.

Згідно із главою 8 Водного Кодексу України від 06.06. 1995 року стандартизація і нормування в галузі використання і охорони вод та відтворення водних ресурсів здійснюються з метою забезпечення екологічної і санітарно-гігієнічної безпеки шляхом встановлення комплексу взаємопов’язаних вимог.

В галузі використання і охорони вод та відтворення водних ресурсів стандартизації підлягають:

- терміни та поняття, класифікації;

- методи, методики та засоби визначення складу та властивостей вод;

- вимоги до збирання, обліку, обробки, збереження, аналізу інформації та прогнозування кількісних і якісних показників стану вод;

- вимоги щодо раціонального використання та охорони вод у галузевих стандартах та технічних умовах на процеси, продукцію і послуги;

- метрологічні норми, правила, вимоги до організації робіт.

Законодавством передбачені такі нормативи з питань раціонального використання та охорони водних ресурсів:

1) нормативи екологічної безпеки водокористування;
2) екологічний норматив якості води водних об’єктів;
3) нормативи гранично допустимого скидання забруднюючих речовин;
4) галузеві технологічні нормативи утворення речовин, що скидаються у водні об’єкти;
5) технологічні нормативи використання води.

Теоретичною основою гігієнічного нормування води є принцип граничного впливу хімічних речовин.

Одна речовина при різних концентраціях може проявляти різні ознаки шкідливості. Ознака шкідливості, яка проявляється при мінімальній концентрації речовини називається лімітуючим показником шкідливості – ЛПШ або лімітуючою ознакою шкідливості (ЛОШ).

Для об'єктів господарсько-питного і культурно-побутового призначення виділяють органолептичні, загальносанітарні, та токсикологічні ЛПШ:

- гранична концентрація речовини, яка не викликає змін органолептичних властивостей води більше 1 балу;

- гранична концентрація речовини, яка викликає зміну санітарного режиму водного об'єкту (погіршення процесів самоочищення) не більше, чим на 20 %;

- максимальна недіюча концентрація речовини, яка не здійснює шкідливого впливу на організм людини, якщо потрапляє в організм з питною

Водою [9].

ЛПШ має значення при оцінці комбінованої дії суміші речовин. Наприклад, при наявності у воді декількох хімічних сполук, які відносяться до 1, 2 класів небезпеки, та які нормуються по однаковому показнику шкідливості, необхідно визначити суму відношень фактичних концентрацій С кожного з них до величини ГДК. У результаті ця сума не може перевищувати одиницю:

$$\frac{C_1}{ГДК_1} + \frac{C_2}{ГДК_2} + \ldots + \frac{C_n}{ГДК_n} \leq 1$$

Для оцінки санітарного стану водойм враховується також клас небезпеки речовини. Хімічні речовини у воді поділяються на 4 класи небезпеки.

До санітарно-гігієнічного нормування у водному середовищі відносять нормативи екологічної безпеки водокористування – гранично допустимі концентрації (ГДК):

гранично допустима концентрація речовин у воді господарсько-питного та культурно-побутового водокористування ($ГДК_в$) – максимальна концентрація шкідливої речовини у воді, яка не може здійснювати прямого або опосередкованого впливу на організм людини протягом всього життя, наступних поколінь та погіршувати гігієнічні вимоги водокористування;

гранично допустима концентрація речовин у воді рибогосподарського водокористування ($ГДК_{вр}$) – концентрація забруднюючої речовини у воді, яка не може здійснювати шкідливого впливу на популяції риб, в першу чергу промислових.

До нормативів допустимого антропогенного навантаження на водні об’єкти слід віднести нормативи гранично допустимого скидання (ГДС) забруднюючих речовин.

ГДС – це маса речовини у стічних водах, максимально допустима до відведення із встановленим режимом у даному пункті водного об’єкту за одиницю часу з метою забезпечення норм якості води у контрольному пункті. ГДС установлюється з врахуванням ГДК шкідливих речовин в місцях водокористування, асимілюючій здатності водного об’єкту та оптимального розподілу маси речовин, що скидаються, між водокористувачами

4. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

Основною причиною забруднення поверхневих вод є скидання неочищених та недостатньо очищених господарсько-побутових і виробничих стічних вод, що призводить до виникнення анаеробних процесів, гниття органічних забруднень і, врешті-решт, до непридатності водойм-приймачів стічних вод для потреб водокористування, замору риби, цвітіння і заростання, утруднення рекреаційного використання водних об’єктів. Особливо небезпечні стічні води ряду галузей промисловості (легкої, харчової, нафтових комплексів), які містять високі концентрації завислих речовин, високомолекулярних органічних сполук, а також жирів, СПАР, іонів важких металів та інших забруднюючих речовин [6].

4.1Класифікація стічних вод

Стічні води, що відводяться з території промислових підприємств [10], за складом розділяють на три види:

• виробничі, які утворюються в процесі виробництва різних виробів, продуктів, матеріалів (технологічні розчини, що відпрацювали, промивні води, води від охолодження; шахтні і кар'єрні води; води від миття устаткування й виробничих приміщень, води від збагачувальних фабрик, а також від очистки та охолодження газоподібних відходів, очистки твердих відходів і їх транспортування тощо);

• атмосферні води - дощові води та води від танення снігу;

• побутові – стічні води від санітарних вузлів виробничих корпусів і будинків, а також від душових установок, наявних на території промислового підприємства.

Відповідно до цього розподілу на промисловому підприємстві існують 3 колектори для відводу:

• виробничо-технологічних стічних вод, тобто використаних у

технологічному процесі або що утворюються при видобутку корисних копалин (вугілля, руди, нафти), технологічних процесах їх переробки на металургійних підприємствах і одержанні готового продукту;

• побутових стічних вод;

• поверхневого стоку з території промислового підприємства, що утворюється з дощових і талих вод;

Побутова каналізація промислового підприємства підключається до загальноміської. Таким чином, водовідведення промислового підприємства розглядається в основному відносно до виробничих стічних вод і поверхневого стоку з території промислового підприємства [9].

Згідно до Водного Кодексу України стічні води перед скиданням у водойми повинні бути очищені на очисних спорудах. Для цього необхідно знати склад стічних вод і їхню якість.

За вмістом забруднюючих речовин виробничі стічні води (слабкоконцентровані та висококонцентровані) розділяються на чотири групи: 1-500, 500-5000, 5000-30000 і більше 30 000 мг/л [10].

Виробничі стічні води можуть розрізнятися за фізичними властивостями забруднюючих їх органічних продуктів (наприклад, за температурою кипіння): менше 120°С, 120—250°С та вище 250°С.

За ступенем агресивності стічні води розділяють на:

• слабкоагресивні (слабкокислі із pH = 6-6-6,5 і слабколужні із pH = 8-9);

• сильноагресивні (сильнокислі із pH < 6 і сильнолужні із pH > 9);

• неагресивні (з pH=6, 5-8).

При аналізі стічних вод повинні визначатися: вміст компонентів, специфічних для даного виду виробництва (фенолів, нафтопродуктів, поверхнево-активних, радіоактивних, вибухонебезпечних речовин), загальна кількість органічних речовин, що виражається величинами $БСК_{повн}$ і ХСК; активна реакція; ступінь мінералізації. Необхідно встановити такі параметри, як кінетика осідання або спливання механічних домішок, коагулюємість стоку та ін. Ці дані дозволяють вибрати найбільш доцільний і економічно

обґрунтований метод очистки стічних вод для певного підприємства.

На різних підприємствах, навіть при однакових технологічних процесах, склад виробничих стічних вод, режим водовідведення і питома витрата на одиницю продукції, що випускається, досить різноманітні. Велике значення у формуванні складу виробничих стічних вод має вид сировини, що використовується.

Склад стічних вод залежить також від технологічного процесу виробництва, застосовуваних компонентів, проміжних виробів і продуктів, продукції, що випускається, складу вихідної водопровідної води, місцевих умов і інших факторів.

Кількість виробничих стічних вод визначається залежно від продуктивності підприємства за укрупненими нормами водоспоживання та водовідведення для різних галузей промисловості [10,12].

4.2 Загальна характеристика методів очистки стічних вод

Для очистки стічних вод промислових підприємств застосовуються головним чином:

• механічні методи (проціджування, відстоювання у відстійниках, піскоуловлювачах, нафтовловлювачах; у гідроциклонах, осаджувальних центрифугах і фільтрування - пропуск води через шар зернистого матеріалу, або фільтруючу перегородку під дією гравітації, вібрації, відцентрової сили, перепаду тисків);

• хімічні методи (нейтралізація, коагуляція, флокуляція);

• фізико – хімічні методи (флотація, сорбція, екстракція, евапорація) ;

• електрохімічні методи, що пов'язані з накладанням електричного поля - електрокоагуляція, електрофлотація;

• комбіновані методи.

Рис. 4.1 Класифікація методів очистки стічних вод

4.3 Механічні методи очищення стічних вод

Суть механічного методу полягає в тому, що із стічних вод шляхом відстоювання і фільтрації видаляються механічні домішки. Грубодисперсні частки в залежності від розмірів уловлюються гратами, ситами, піскоуловлювачами різних конструкцій, а поверхневі забруднення - нафтоуловлювачами, відстійниками. Механічне очищення дозволяє видаляти з побутових стічних вод до 60-75% нерозчинних домішок, а з промислових до 95%, багато з яких як цінні домішки, використовуються у виробництві.

Механічні методи очищення стічних використовуються для видалення з розчинів твердих нерозчинних домішок. Вони поділяються на три групи:
-проціджування
-відстоювання
-фільтрування.

При механічному очищенні із стічної води віддаляються забруднення, що

знаходяться в ній головним чином в нерозчиненому і частково колоїдному стані. Крупне сміття, ганчірки, папір, залишки овочів і фруктів і різні виробничі відходи затримуються решітками. Сміття, затримане на решітках, прямує в дробарки.

Вибір методу залежить: від розміру твердих частинок; від фізико-хімічних властивостей частинок; від концентрації забруднюючих частинок; від необхідного ступеня очищення стічних вод.

Проціджування. Використовується для видалення з розчину нерозчинних домішок великих розмірів. Здійснюється через решітки і сітки. Найчастіше використовуються нерухомі решітки, розташовані на шляху прямування розчину під кутом 60^0-75^0. Розмір поперечного перерізу стрижня решітки вибирається з умови мінімальних втрат тиску на решітках. Решітки очищуються спеціальними механічними пристроями [10].

Відстоювання під дією сили тяжіння. Для цього використовуються відстійники та піскоуловлювачи.

Основна маса забруднень органічного походження, що знаходиться у зваженому стані, виділяється із стічної рідини у відстійниках. Речовини, питома вага яких більше питомої ваги води, падають на дно. Речовини легші, ніж вода (жири, масла, нафта, смоли), спливають на поверхню і їх відокремлюють від стічної рідини. На деяких станціях перед відстійниками влаштовують спеціальні споруди – преаератори, в яких стічні води короткочасно аерують, щоб підвищити ефект освітлення у відстійниках. Відстійники можна замінювати біокоагуляторами, в яких здійснюються короткочасна аерація і відстоювання.

При використанні механічного способу очищення відбувається відстоювання і фільтрація стічних вод. Один з мінусів цього методу, полягає в тому, що не відбувається очищення води від розчинених органічних забруднень. Тому споруди механічного очищення (відстійники, піскоуловлювачи, грати і сита), найчастіше є попереднім ступенем перед біологічним очищенням.

4.4 Хімічні та фізико-хімічні методи

Хімічний метод полягає в тому, що в стічні води додають різні хімічні реагенти, які вступають в реакцію із забруднювачами й видаляють їх у вигляді нерозчинних осадів [10]. Хімічним очищенням досягається зменшення нерозчинних домішок до 95% і розчинних до 25%.

Хімічний спосіб очищення стічних вод заснований на застосуванні реагентів, які переводять розчинені домішки в трудно розчинний стан. Далі відбувається осадження цих речовин. Але слід ураховувати те, що використовувані реактиви стоять досить дорого і крім того, потрібно дотримувати їх точне дозування. Цей метод, в основному, застосовують для очищення виробничих стічних вод. При фізико-хімічному методі обробки із стічних вод видаляються тонко дисперсні і розчинені неорганічні домішки, органічні речовини. Найчастіше з фізико-хімічних методів застосовується коагуляція, окислювання, сорбція, екстракція і т.д. Широке застосування знаходить також електроліз. Він полягає в руйнуванні органічних речовин у стічних водах і вилученні металів, кислот і інших неорганічних речовин. Електролітичне очищення здійснюється в особливих спорудах - електролізерах. Очищення стічних вод за допомогою електролізу ефективне на свинцевих і мідних підприємствах, в лакофарбовій і деяких інших технологіях [12].

Флотація. Флотація - це процес молекулярного прилипання забруднюючої речовини до поверхні розділу двох фаз - газ-рідина. Цей процес зумовлений надлишком вільної енергії поверхневих шарів, а також поверхневими явищами змочування.

За допомогою цих методів стічні води очищаються від нафти, нафтопродуктів і поверхнево-активних речовин, олії і волокнистих матеріалів. Процес флотації полягає в утворенні комплексу частинка-бульбашка газу, у спливанні цього комплексу на поверхню і видалення піни,

яка утворюється різними способами.

Існують наступні конструктивні схеми флотації:

- з механічним додаванням газу;

- з виділенням газу з розчину механічними методами;
- електрохімічна флотація, коли газ виділяється на одному або обох електродах електролізера;
- хімічна флотація, коли газ виділяється в результаті хімічних реакцій;
- біохімічна флотація, коли газ виділяється в результаті діяльності мікроорганізмів.

Іонний обмін. Застосовується для вилучення із стічних вод іонів металу, а також сполук миш'яку, фосфору, ціаносполук, а також радіоактивних речовин. Метод дозволяє витягувати цінні речовини при високому ступені очищення. Іонний обмін являє собою процес взаємодії розчину з твердою фазою, причому ця тверда фаза має властивість обмінювати іони, що містяться в ній, на іони, присутні в розчині. Речовини, що становлять цю тверду фазу практично нерозчинні у воді, і називаються іонітами. Якщо вони поглинають позитивно заряджені іони - це катіоніти, а якщо негативно заряджені іони - це аніоніти [10-12].

Вибір метода очистки залежить від кількісного і якісного стану стічних вод. Склад стічних вод залежить також від технологічного процесу виробництва, застосовуваних компонентів, продуктів, продукції, що випускається, складу вихідної водопровідної води, місцевих умов і інших факторів.

Побутові стічні води, які утворюються на території підприємства, відводять та очищують окремо, якщо промислові стічні води за характером їх забруднення не потребують біохімічного очищення. Сумарне відведення побутових і промислових стічних вод доцільне, якщо останні забруднені органічними речовинами, що піддаються біохімічній деструкції, та якщо концентрація токсичних забруднень у загальному потоці, що надходить в споруди біологічного очищення, не перевищує гранично допустимої концентрації (ГДК) для біологічного очищення.

4.5 Біологічна очистка стічних вод

Біологічні методи очищення засновані на життєдіяльності

мікроорганізмів, які сприяють окисленню або відновленню органічних речовин, що знаходяться в стічних водах у вигляді тонких суспензій, колоїдів і в розчині і що є для мікроорганізмів джерелом живлення, внаслідок чого і відбувається очищення стічних вод від органічних забруднень. Біологічний метод очищення стічних вод застосовують для очищення виробничих і побутових стічних вод від органічних забруднень. Даний процес заснований на здатності деяких мікроорганізмів використовувати забруднюючі стічні води речовини для харчування в процесі своєї життєдіяльності.

Біологічне очищення стічної води застосовують тоді, коли одного механічного очищення недостатньо. Під час механічного очищення стічної води можна видалити приблизно 30 - 35 % забруднень, а решту забруднень видаляють на спорудах біологічного очищення.

Залежно від умов в яких відбуваються очищення стічних вод споруди для біологічного очищення ділять на дві групи:

• споруди, в яких біологічне очищення відбувається в природних умовах (у верхніх шарах ґрунту, або у водоймах):

- поля зрошення;
- поля фільтрування;
- біологічні водойми;

• споруди в яких біологічне очищення здійснюють при штучно створених умовах:

- біологічні фільтри;
- аеротенки.

Біохімічна очистка стічних вод заснована на фізіологічній особливості мікроорганізмів, використовувати в якості поживного субстрату широкий спектр органічних речовин і деякі неорганічні сполуки, що містяться в стічних водах (вуглеводні, ароматичні речовини, органічні кислоти, спирти, жири, білки, вуглеводи, сірководень, аміак та ін.). В процесі роботи очисних споруд формується складний за складом біоценоз активного мулу, що складається в основному з скупчення бактерій, він також включає найпростіші, гриби,

водорості. Якісний і кількісний склад мікроорганізмів залежить від характеру стоків. У процесі біохімічного окислення мікробні клітини здійснюють деструкцію органічного субстрату і отримують необхідну для життєдіяльності енергію. Біологічне окислення може бути прямим, тобто відбуватися за рахунок приєднання кисню. Пряме окислення в мікробній клітці відбувається за допомогою ферментів оксидаз. Непряме окислення відбувається за рахунок дегідронування субстрату (відбирання водню) або за рахунок віддачі субстратом електронів. Дегідрогенування завжди супроводжується перенесенням електрона, тобто відбувається окислення. З субстрату звільняється енергія, що отримується мікробної клітиною. Отримана енергія використовується мікробної клітиною через систему ферментів аденозиндифосфат - аденозинтрифосфат (АДФ-АТФ). Енергія кумулюється в макроергічних зв'язках АТФ і потім служить клітці для задоволення її енергетичних потреб. Аеробне дегідронування здійснюється завдяки системі окисно-відновних ферментів оксиредуктази: цитохромів, НАД, НАДФ.

Біохімічна нітри-денітрифікація. Для очищення стічних вод від азотовмісних речовин в даний час широке поширення отримав біологічний метод, заснований на здатності мікроорганізмів трансформувати пов'язаний азот шляхом нітрифікації і подальшої денітрифікації азотовмісних речовин до молекулярного азоту. Метод є економічно прийнятним і дозволяє очищати практично будь-які кількості стічних вод, що містять речовини з різною формою пов'язаного азоту.

Біологічна нітрифікація і денітрифікація компонентів стічних вод заснована на окисно-відновних процесах, здійснюваних мікроорганізмами біоценозу активного мулу, і полягає в окисленні (дезамінуванні) азоту органічних сполук до іона амонію і далі до нітритів і нітратів з подальшим відновленням останніх до молекулярного азоту. Редукція нітратів пов'язана з окисленням органічних сполук.

Бактеріальна нітрифікація Біологічну нітрифікацію здійснюють бактерії - автотрофи, яким вуглець необхідний в неорганічній формі (вуглекислота,

карбонати, бікарбонати).

Першу фазу нітрифікації - окиснення NH_4^+ до NO_2^- здійснюють бактерії, що відносяться до роду Nitrozomonas, другу фазу – окислення NO_2^- до NO_3^- На швидкість процесу нітрифікації впливають різні чинники: pH, БСК, концентрація мулу, вік мулу, температура, час очищення, концентрація аміаку, присутність токсичних компонентів. Швидкість зростання бактеріальної культури лімітується субстратом. Вік мулу, рівний тривалості його перебування в системі, повинен перевищувати швидкість росту нітрифікуючих бактерій (рекомендується 7- 8 діб). При цьому швидкість процесу нітрифікації становить 0,1 - 0,15 мг окисленого азоту $N_{заг.}$ на 1 мг беззольної речовини на добу.

Вплив температури середовища (води) оцінюється в наступний спосіб. Якщо прийняти швидкість окислення при 20°С за одиницю (для окислення на 90% при початковій концентрації 20 мг/л), то при 10°С вона складе 0,5, а при 5°С – 0,3-0,25.

Біохімічний процес відновлення нітратів здійснюється денітрифікуючими бактеріями. Бактерії – денітрифікатори є гетеротрофами і становлять групу факультативних анаеробів. Процес біологічної денітрифікації проводиться в анаеробних умовах у присутності органічних речовин, необхідних для життєдіяльності бактерій. Органічні речовини окислюються киснем, який був отриманий з нітритів і нітратів. Окислюються вуглеводами, органічними кислотами, спиртами. Денітрифікуючі бактерії не можуть використовувати високомолекулярні полімерні сполуки. Ці процеси за своїм фізіологічним змістом можуть бути асиміляціонними і дисиміляціонними. При асиміляції нітрати відновлюються до аміаку, який використовується для конструктивного обміну і побудови клітинних речовин. У процесах дисиміляції кисень нітратів використовується в якості окислювача замість молекулярного кисню, що забезпечує мікроорганізми необхідною для їх розвитку енергією.

Дисиміляційна нітратредукція:

$$NO_3^- \rightarrow NO_2^- \rightarrow NO \rightarrow N_2O \rightarrow N_2$$

Асиміляційна нітратредукція:

$$NO_3^- \rightarrow NO_2^- \rightarrow X \rightarrow NH_2OH \rightarrow \text{органічний азот}$$

Роль окислювача - акцептора електронів у цьому процесі виконує кисень нітратів, а в аеробному процесі молекулярний кисень.

Відновлення нітратів до молекулярного азоту каталізується ферментами нітратредуктазами. В якості донора електронів (водень), які є одночасно джерелами вуглецю, можуть бути органічні сполуки, що піддаються біохімічному окисленню. У світовій практиці найпоширенішим органічним субстратом, що застосовуються на стадії денітрифікації є товарний метанол.

Його перевага полягає і в тому, що метанол не дає приросту біомаси активного мулу і немає вторинного забруднення. Процес протікає по рівнянню:

$$5CH_3OH + 6NO_3^- \rightarrow 5HCO_3^- + 3N_2 + OH^- + 7H_2O$$

На активність денітрифікації впливає багато факторів: джерело органічного вуглецю і його концентрації, вміст нітратів, концентрація кисню, температура води, pH, наявність токсичних речовин.

Концентрація нітратів мало впливає на активність денітрифікаторів в системах з зваженої культурою мулу[12].

Розчинений кисень інгібує дисиміляторну нітратредукцію, а на ассимиляторную дії не чинить. Молекулярний кисень або перешкоджає утворенню ферментів нітро - редуктаз, або сам виступає в ролі акцептора електронів, тим самим, запобігаючи відновленню нітратів. Концентрація кисню в аеротенках складає до 0,5 мг/л і не впливає на нітратредукцію. Однак, незважаючи на інгібуючу дію, кисень може надавати непрямим шляхом і позитивний вплив на бактеріальну мікрофлору. Після перебування в кисневому середовищі денітріфікатори посилюють свою активність у безкисневому середовищі.

4.6 Вплив факторів навколишнього середовища на процеси біологічного очищення.

Біологічне окислення органічних речовин в аеротенках здійснюється мікроорганізмами сапротрофами в аеробних або анаеробних умовах. Воно являє собою ряд складних специфічних реакцій, які каталізують ензими.

Процеси біологічного окислення, так само як і всі прояви життєдіяльності мікроорганізмів - це результат дії білків - каталізаторів або ферментів. Тому ефективність біоокислення буде залежати перш від активності цих речовин. Активність ферментів, в свою чергу, визначається впливом різних факторів середовища, в якій живуть бактерії.

• Живильні речовини. Гетеротрофні бактерії в якості поживного субстрату використовують різні речовини. Вони являють собою джерело елементів, що відносяться до різних класів сполук органогенів C, H, O, N, S, P. Крім того, мікроби потребують різні макро- і мікроелементи, які входять до складу ферментів і можуть бути їх активаторами (катіони Ca^{2+}, Mn^{2+} , Mg^{2+}, Co^{2+} та ін.) Для нормального функціонування біоценозів мікроорганізмів активного мулу необхідними є біогенні макроелементи такі як азот і фосфор, а також ряд мікроелементів, які, як правило, в достатній кількості присутні в стічних водах. Необхідна концентрація біогенних елементів в стічних водах залежить від $БСК_{повн}$ і повинна складати на кожні 100мл $БСК_{повн}$: азоту - 5мл, фосфору - 1мл.

• pH середовища. Оптимальна величина pH для сапрофітних бактерій - 6,5-7,5. При зміні pH змінюється проникність клітинної оболонки, активність ферментів. Найбільш стійкими до коливань температури і pH є мікроорганізми «молодого» біоценозу активного мулу з віком 2-3 діб.

• Токсичні речовини. Токсичні речовини пригнічують активність ферментів мікроорганізмів. Сильними інгібіторами ферментів є деякі з важких металів (мідь, хром, ртуть). Одним з механізмів їх дії є здатність пов'язувати хімічно активні угруповання ферментів або атоми металів, що входять до їх складу.

• Температура. Мікроорганізми активного мулу, що здійснюють біологічне окислення, термолабільні і проявляють активність в широкому діапазоні температур. Встановлено, що біоценоз мікроорганізмів активного мулу формується багато в чому залежно від температурного режиму роботи аеробних очисних споруд. У ньому можуть переважати психрофільні

мікроорганізми, які живуть в інтервалі температур 0-30°С, мезофільні, що розвиваються при температурі 3-45°С, і термофільні для яких оптимальна температура становить 30-60°С, однак можуть рости і розвиватися навіть при температурі 80°С.

Таким чином, мікроорганізми, складові активного мулу, можуть функціонувати і виявляти високу активність в широкому інтервалі температур.

Залежно від температурного режиму біоспоруд в активному мулі будуть формуватися і переважати ті чи інші види мікроорганізмів, що проявляють високу активність в даному температурному діапазоні [11].

При зниженні температури навколишнього середовища швидкість окисно-відновних процесів в бактеріальної клітині знижується. Отже, зменшується потреба мікроорганізмів в кисні. При зниженні температури на 10°С від оптимальних значеннях швидкість біохімічних процесів знижується в 1,5-2 рази.

Вплив температури на процеси очистки стічних вод досить великий і враховується при проектуванні біологічних споруд, а також в ході їх експлуатації. Оптимум температур в процесах денітрифікації знаходиться в межах – 12 ÷ 25ºС. При цьому встановлено, що процеси денітрифікації протікають навіть при температурі 0ºС, хоча і з невисокою швидкістю.

Величина pH впливає не тільки на швидкість процесу, але й визначає склад кінцевих продуктів відновлення нітратів. Максимальна інтенсивність процесу досягається при pH 7.0 – 8,2. При значеннях pH нижче 6,1 і вище 9,6 процес повністю загальмовується. Підвищення температури інтенсифікує процес.

Денітрифікація, в протилежність нітрифікації, збільшує лужність середовища у відповідності з рівнянням:

$$5CH_3OH + 6NO_3^- \rightarrow 5HCO_3^- + 3N_2 + OH^- + H_2O$$

і викликає збільшення pH в залежності від буферної ємності середовища. При pH < 7,3 ймовірне утворення N_2O замість N_2.

Токсичні речовини, в тому числі деякі з важких металів (мідь, ртуть,

хром) пригнічують процес денітрифікації. Нітрити можуть гальмувати процес при концентрації азоту вище 30 мг/л.

Максимальна швидкість денітрифікації становить 9,5 мг азоту на 1 г беззольної речовини в годину.

Для ефективної денітрифікації необхідно присутність органічних речовин (спирту, низькомолекулярних органічних кислот) в якості джерела вуглецевого живлення. Для цієї мети може бути використана неочищена стічна вода, кількість якої визначається з необхідного співвідношення вмісту органічної речовини по БСК і нітратного азоту, рівного (3-6):1, зброджений осад (відстій з метантенків фази кислого бродіння) або надлишковий активний мул. Процеси нітрифікації та денітрифікації проходять в аеротенках одночасно, так як в активному мулі завжди є аеровані зони і зони з дефіцитом кисню, де утворилися в процесі нітрифікації нітрити і нітрати відновлюються. Поділ процесів нітрифікації і денітрифікації дає змогу поліпшити умови проведення кожного з них і, відповідно, забезпечити глибоке видалення азоту [10].

4.7 Сучасні підходи до розробки технологій біологічної очистки стічних вод

Для очищення комунальних і багатьох типів промислових стічних вод здебільшого використовують традиційні технології біологічного очищення в аеротенках в процесі аеробного окиснення за участю активного мулу.

Використання таких технологій для очищення висококонцентрованих стічних вод має низку недоліків: вплив на ефективність очищення нерівномірності надходження стічних вод за витратами і концентраціями забруднень, залежність від температури (низька і швидка зміна температури уповільнюють процес), pH, токсичних для активного мулу речовин (СПАР, йонів важких металів, барвників тощо), невідповідність якості очищеної води встановленим нормам (особливо за сполуками азоту, фосфору), спухання мулу внаслідок розвитку нитчастих бактерій і, як результат, погане відокремлення його від очищеної води, велика кількість надлишкового мулу, який потребує значних витрат на обробку та утилізацію.

Схарактеризуємо сучасну технологію біологічного очищення стічних вод різноманітного походження з одночасним одержанням енергоносіїв (біогазу або водню), яка забезпечує досягнення нормативних параметрів води призначеної для скиду у природні водойми.

Технологія очищення води реалізується послідовно у спорудах з різними кисневими умовами (анаеробними, аноксидними, аеробними) з використанням іммобілізованого на волокнистому носії біоценозу. Технологію впроваджено на міських очисних спорудах, підприємствах (шкірзаводи, молокозаводи, пивзаводи). Технологію можливо модифікувати для стічних вод різного складу та концентрації за органічними та неорганічними речовинами, наприклад для стічних вод нафтових комплексів.

Існуючі фізико-хімічні технології очищення стічних вод потребують використання речовин, які самі можуть викликати забруднення, є енерговитратними, потребують додаткових технологій утилізації одержаних речовин, не вирішують питання утилізації осадів. Сучасні технології біологічного очищення стічних вод, розроблені Інститутом колоїдної хімії та хімії води НАН України, ВНІІ ВОДГЕО, зарубіжними компаніями Ludzak-Ettinger, Bardenpho, Biodenitro, Carrousel, JHB, UCT, MUCT, A2/O, з використанням анаеробного процесу за використання гранульованого активного мулу в UASB -реакторах дозволяють ефективно очищувати стічні води, але характеризуються високими експлуатаційними та капітальними витратами.

За даною багатоступеневою анаеробно-аеробною технологією очищення стічних вод з використанням іммобілізованих мікроорганізмів на перших анаеробних стадіях відбувається розклад органічних сполук мікроорганізмами-гетеротрофами з одночасним виділенням біогазу або водню. Сірководень, що утворюється в анаеробній стадії, є сполукою, що осаджує важкі метали за їх наявності в стічній воді. Після обробки осаду можливо їх вилучення.

Для покращення масообміну між стічною водою і іммобілізованими на поверхні волокнистих носіїв мікроорганізмами, а також для зрошення поверхні

носіїв, розташованих у газовій фазі анаеробних біореакторів, влаштовано циркуляційний насос.

Після анаеробного біореактора стічні води надходять послідовно у аноксидні та аеробні біореактори. Для створення аноксидних умов і для масообміну на дні споруд влаштовані аератори для дрібнобульбашкової аерації, які забезпечують концентрацію розчиненого повітря близько 0,5 мг/дм3. Концентрація повітря в аеробних біореакторах – близько 2 мг/дм^3. Відбувається розкладення органічних речовин, що містяться в стічній воді після анаеробного очищення, окиснення сполук азоту, анамокс-процес, в товщі біообростань – денітрифікація та ін. під дією гетеротрофних і автотрофних бактерій. Процеси відбуваються на поверхні носіїв, в товщі біообростань, а також за участю вільноплаваючих організмів.

Очищені стічні води поступають у відстійники, де видаляються частинки біообростань і вільноплаваючого мулу, які виносяться з аеробного біореактора (осад). Освітлені стічні води задовольняють нормативним параметрам та можуть бути скинуті у водні об’єкти. Осад з відстійника з високим ступенем мінералізації можна видаляти на мулові майданчики для підсушування і утилізації, наприклад, як добрива. Метали також можуть бути сорбовані на поверхні мікроорганізмів або накопичені їх клітинами, у процесі переробки осаду можливе їх видалення для подальшого використання [12].

За використання розробленої технології утворюється у 3-5 разів менше відходів (осаду) та на 40-60% знижуються витрати електроенергії у порівнянні із класичним аеробним очищенням стічної води. Використання іммобілізованих мікроорганізмів забезпечує високу концентрацію біомаси у споруді (9-20 г/дм3), високу якість утвореного осаду (зольність близько 50%), можливість спротиву залпових викидів, відсутність спухання мулу. На основі результатів лабораторних та виробничих досліджень анаеробно-аеробної технології розроблено методику розрахунку споруди (біореакторів), кількості волокнистого носія як для реконструкції існуючих споруд, так і для нової запроектованої. Використання даної технології одночасно з очищенням стічної

води дозволяє отримати біогаз, кількість метану в якому залежить від складу стічної води. Завдяки використанню носіїв з іммобілізованими мікроорганізмами в аноксидних і аеробних біореакторах досягається висока окисна потужність, що дозволяє зменшити їх розміри в 5-10 разів, а також енерговитрати на аерацію порівняно з класичними аеротенками. Компактність біореакторів дає змогу зменшити площу споруд, порівняно з класичними спорудами, і знизити витрати на їх будівництво.

Таким чином, біологічні аеробні та анаеробні методи очистки стічних вод є класичні, достатньо поширені і економічно обґрунтовані. Вони застосовується при очищенні комунальних стічних вод та рідких відходів підприємств хімічної, нафтопереробної, целюлозно-паперової промисловості, виробництві штучного волокна. Поєднання класичних і сучасних технологічних прийомів дозволять досягнути високої ефективності та надійності процесу.

5.АНАЕРОБНЕ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД

5.1 Сутність процесу анаеробної ферментації та отримання біогазу

Для анаеробної очистки стічних вод зазвичай використовує два температурні режими зброджування: мезофільні при температурі 30-35 ° С і термофільний при температурі 52-55 ° С [1]. Зрозуміло, для кожного виду стоків виробничих стічних вод необхідно експериментально визначати оптимальні умови зброджування (дозу завантаження, температуру та ін.). При цьому треба враховувати ті обставини, що в стічних водах можуть міститися речовини, які можуть містити - ПАР, сполуки хрому, миш'яку, іони важких металів та ін.

Біохімія та мікробіологія анаеробного метанового зброджування складніше, ніж аеробних процесів. До теперішнього часу немає повної ясності щодо ролі і ступеня участі в ньому різних груп мікроорганізмів, однак, очевидно, що на відміну від активного мулу, біоценоз метантенка представлений тільки бактеріями [13]. Відповідно до сучасних уявлень анаеробне метанове зброджування включає чотири взаємопов'язані стадії, які здійснюються різними групами бактерій (рис.5.1; рис 5.2).

1. Стадія гідролізу здійснюється швидко зростаючими факультативними анаеробами, що виділяють екзоферменти, за участю яких здійснюється гідроліз нерозчинних складних органічних сполук з утворенням більш простих розчинених речовин. Оптимальне значення pH для розвитку цієї групи бактерій знаходиться в інтервалі 6,5-7,5.

2. Стадія кислотоутворення (кислотогенна) супроводжується виділенням летючих жирних кислот, амінокислот, спиртів, а також водню і вуглекислого газу. Стадія здійснюється швидко зростаючими, досить стійкими до несприятливих умов середовища гетерогенними бактеріями.

3. Ацетатогенна стадія перетворення ЛЖК, амінокислот і спиртів в

оцтову кислоту здійснюється двома групами ацетатогенних бактерій. Перша група, яка утворює ацетати з виділенням водню з продуктів попередніх стадій, називається ацетатогенами, що утворюють водень (Рис.5.1)

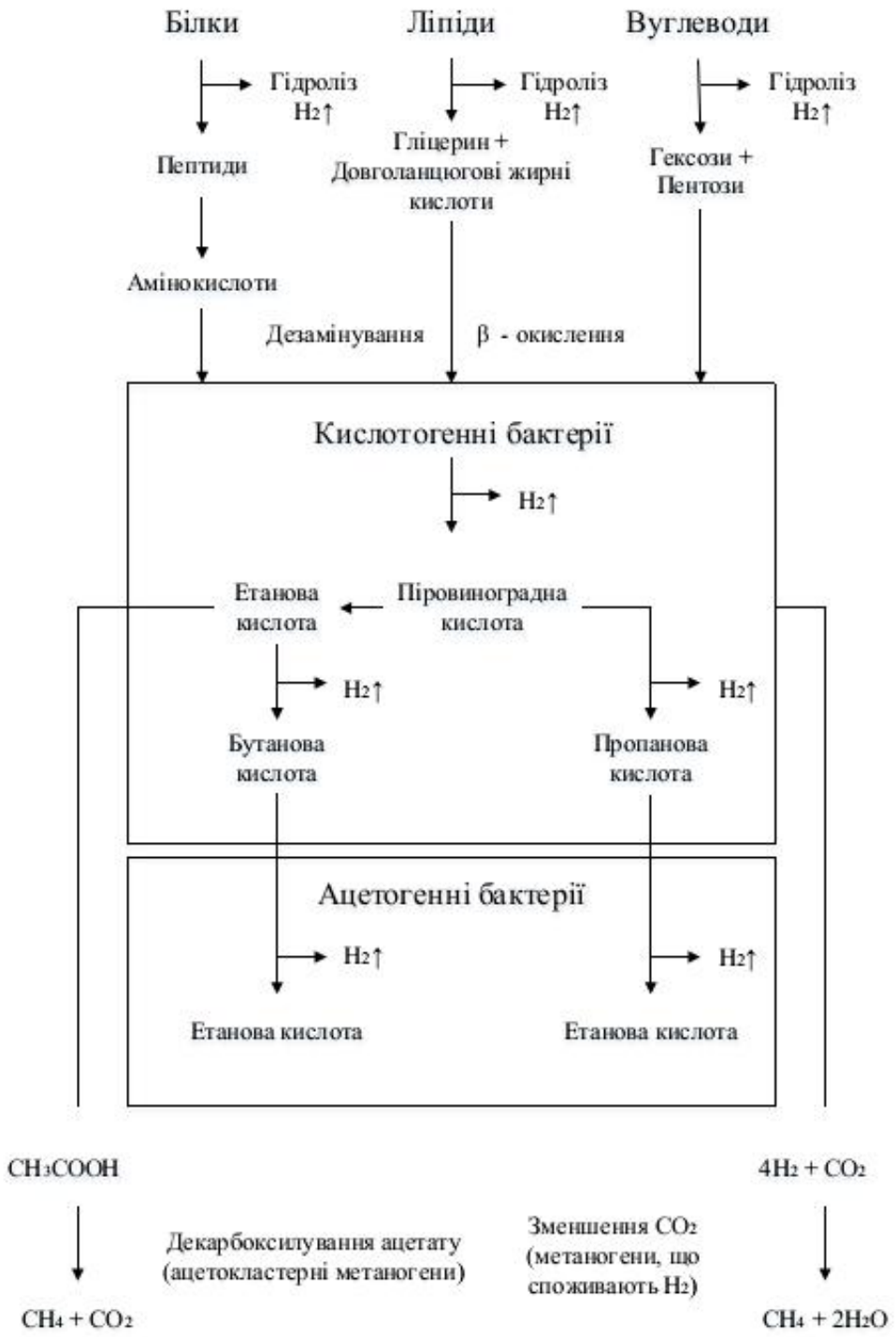


Рис.5.1 Схема анаеробного метанового процесу очистки стічних вод.

4. Метаногенна стадія, що здійснюється повільно зростаючими бактеріями, які є строгими анаеробами, вельми чутливими до змін умов

середовища, особливо до зниження pH менше 7,0 - 7,5 і температури.

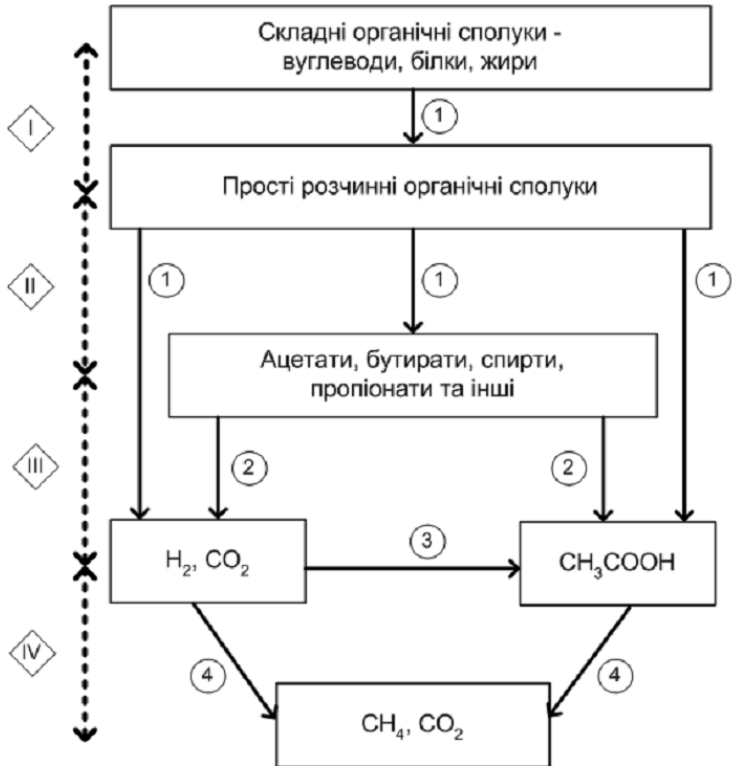


Рис. 4.2 – Схема анаеробного метанового зброджуванння осаду стічних вод:
I – гідроліз; II – кислотогенез; III – ацетогенез; IV – метаногенез;
1 - ферментативні кислотогени; 2 - ацетогени, що утворюють водень;
3 - ацетогени, що використовують водень; 4 - метаногени, що відновлюють вуглекислий газ; 5 - метаногени, що використовують ацетат

У другій фазі лужного або метанового бродіння з кінцевих продуктів першої фази утворюються метан і вугільна кислота в результаті життєдіяльності метаноутворюючих бактерій - спороносних облігатних анаеробів, дуже чутливих до умов навколишнього середовища. Метан утворюється в результаті відновлення CO_2 або метильної групи оцтової кислоти. Субстрат осаду є джерелом енергії для метаноутворюючих бактерій, і кожна стадія являє собою серію послідовних ферментативних перетворень вихідної речовини.

Слід зазначити, що III стадія біосинтезу оцтової кислоти відіграє найбільш відповідальну роль у швидкості процесу метаноутворення [1]. Оптимальне значення показника pH при цьому підтримується на рівні 7 (його коливання можуть перебувати в діапазоні 6,6–8). Основним джерелом енергії для метанових бактерій є саме молекула H_2 (донор водню) й діоксид вуглецю,

який бере участь у біосинтезі клітинних речовин названих видів бактерій.

Склад газу нестабільний і залежить від багатьох факторів. Склад біогазу: 55-75% метану, 25-45% CO_2, незначні домішки водню (H_2) і сірководню (H_2S), азоту, ароматичних вуглеводнів і т.п (Табл.1) [2].

Отриманий в результаті метанового бродіння біогаз, як правило, поступається за теплотворними властивостями природного газу. Проте після відповідної технологічної сепарації (поглинання і використання на інші технологічні потреби наявного вуглекислого газу) перевершує природний газ за теплотворністю.

Таблиця 5.1 Хімічний склад біогазу

Речовина	**Хімічна формула**	**Вміст, %**
Метан	CH_4	40 – 75
Вуглекислий газ	CO_2	25 – 55
Водяний пар	H_2O	0 – 10
Азот	N_2	менше 5
Кисень	O_2	менше 2
Водень	H_2	менше 1
Сірководень	H_2S	менше 1
Аміак	NH_3	менше 1

Ефективність анаеробного процесу оцінюється за ступенем розпаду органічної речовини, кількості і складу утворюється біогазу, які, в свою чергу, визначаються хімічним складом осаду, а також такими основними технологічними параметрами процесу, як доза завантаження метантенка, температура, концентрація органічної речовини. Крім того, істотну роль відіграють такі чинники, як режим потрапляння стічних вод, система перемішування та ін.

5.2 Характерні особливості анаеробного активного мулу

Активний мул являє собою комплекс бактерій, необхідних для біологічного очищення стоків в спеціалізованих очисних спорудах. Активний мул є головним фактором і невід'ємною частиною процесу біологічного очищення. В теорії активний мул являє собою самовідновлюючу колонію бактерій, однак на практиці оновлювати комплекс мікроорганізмів доводиться кожні 5-6 років. Склад активного мулу безпосередньо залежить від концентрації і якості стоків, що надходять в біологічні споруди. Компонентами активного мулу можуть бути:

- найпростіші мікроорганізми;
- амеби; - бактерії;
- актиноміцети (гриби);
- інфузорії;
- черви;
- коловертки.

Біомаса активного мулу, який бере участь в анаеробному розкладанні, складається з двох основних груп бактерій: кислотоутворюючих; метаногенних. Перша група мікроорганізмів в якості поживного середовища використовує вихідну складну органіку, окислюючи її в процесі власного метаболізму. Різноманітність видів кислотоутворюючих мікроорганізмів забезпечує початковий гідроліз протеїнів, вуглеводів і ліпідів до складових їх амінокислот, цукрів і кислот. Залежно від переважання конкретного класу складної органіки, відбувається розвиток мікроорганізмів певного типу. Найбільш активну участь в первинному бродінні приймають клостридії - мікроорганізми, які переробляють всі складні органічні сполуки. При цьому одні їх підвиди переробляють тільки протеїни, інші - окислюють целюлозу та інші вуглеводні речовини, а треті займаються розкладанням жирів.

Як було зазначено вище, анаеробне розкладання органічних речовин здійснюється співтовариством мікроорганізмів, що складають трофічний ланцюг первинних і вторинних анаеробів. На відміну від трофічних ланцюгів

мікроорганізмів в аеробних умовах, де взаємини між групами організмів характеризуються відношенням "жертва - хижак", для трофічних систем при метановому сброджуванні характерно використання продуктів метаболізму одних груп бактерій іншими. Первинні факультативні анаероби здійснюють стадії гідролізу і кислотоутворення, вторинні - стадії ацетатогенеза і метаногенеза на субстратах, що утворюються первинними анаеробами. До вторинним анаеробів відносяться і сульфатредукуючі бактерії, що працюють паралельно метаногенам і використовують продукти перших стадій процесу. При низькому вмісті сульфатів працюють в основному метаногени з утворенням CH_4 і $C0_2$ і незначної кількості H_2S. При підвищенні концентрації сульфатів до 05 ммоль /л сульфатвідновлюючі бактерії конкурують з метаногенами за енергетичні субстрати (H_2 і ацетат) і утворюють значну кількість сульфідів, що пригнічують зростання метаногенів.

Всі стадії анаеробного зброджування мають важливе значення, проте очевидно, що подальші процеси не можуть розпочатися, поки для них не будуть підготовлені умови попереднім ходом процесу. Оскільки ацетогени і особливо метаногени мають більш низькі швидкості росту в порівнянні з гідролітичними бактеріями і більш чутливі до умов процесу, то стадія утворення метану виявляється істотно залежною від цих умов [19].

Крім трофічних зв'язків між групами бактерій в процесі метанового бродіння повинні здійснюватися і фізичні взаємодії, в тому числі необхідний безпосередній контакт гідролітичних бактерій з гідролізуємим субстратом і просторовий симбіоз ацетогенів і метаногенів з субстратом. Розрив цих зв'язків, викликаний, наприклад, сильними динамічними навантаженнями при інтенсивному перемішуванні, чинить негативний вплив на ефективність процесу. Тому для створення збалансованої і ефективно працюючої системи метанової ферментації завжди необхідно розглядати не окремі групи бактерій, а все співтовариство в цілому в конкретних умовах його існування.

Активний мул анаеробних процесів - макроколоніі анаеробних мікроорганізмів. Розвиток біомаси в безкисневому середовищі відбувається

повільно, тому збереження наявної популяції дуже важливо для ефективності процесу очищення. Велика частина активного мулу знаходиться на дні реактора, але присутні мікроорганізми і в верхніх шарах води у вигляді суспензії. Анаеробний активний мул, частіше званий метаногенний, являє собою щільні 2-3 мм гранули [14]. Це є співтовариство мікроорганізмів. Кожна гранула містить різну кількість тих чи інших мікроорганізмів, серед найбільш поширених можна відзначити археї різних родів і метаносарціни. Останні частіше зустрічаються в висококонцентрованих стоках. В процесі життєдіяльності гранули мулу розщеплюють хімічні і біологічні забруднення, що надходять зі стоками, виділяючи при цьому метан і воду. У системах багаторівневого біоочищення налагоджена послідовність відведення основних продуктів фільтрації. Залишаючи метантенк вода прямує, як правило, в аеротенк, де доочищуєтся аеробними бактеріями. Газ, піднімається вгору і може використовуватися для обігріву реактора. Нормальною температурою для розвитку анаеробів є 30 градусів, але виділені й організми, що функціонують при 10-20 градусах.

У процесі метаболічного перетворення органічних речовин продукти ферментативних реакцій однієї групи бактерій виступають поживними речовинами для наступної. Причому різні види бактерій утилізують органічні сполуки з різною швидкістю. Вигляд анаеробного гранульованого мулу представлений на Рис.5.3

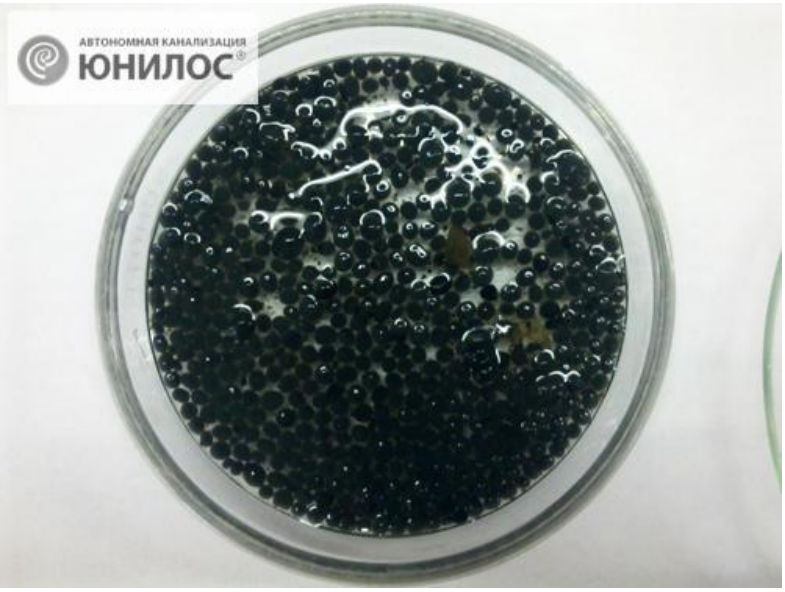


Рис.5.3. Вигляд анаеробного гранульованого мулу (фото компанії «Юнілос»)

5.3 Застосування методів анаеробного очищення стічних вод

Анаеробна обробка може бути застосована при очищенні стічних вод підприємств харчової промисловості (пивоварних, дріжджових, цукрових, винокурних, консервних заводів і м'ясокомбінатів), підприємств фармацевтичної промисловості, зокрема фабрик, що виготовляють. пеніциллін і оптиміцін, а також фабрик первинної обробки вовни, заводів синтетичних жирних кислот , виробництва капролактаму; цим способом можна очищати висококонцентровані стічні води, що містять синтетичні поверхнево-активні речовини [1].

Анаеробний біохімічний метод очищення стічних вод може використовуватися як попередній рівень перед їх аеробним очищенням. На анаеробну очистку направляють стічні води з високою концентрацією органічних забруднень (БСКповн понад 10 тис. мг/л). Подібна подвійна система очищення називається анаеробно-аеробной (або аеробно-анаеробної). Також, симбіоз аеробних і анаеробних бактерій використовують при очищенні стічних вод в біофільтрі з іммобілізованими мікроорганізмами на нерухомому носії для очищення стічних вод дріжджового, целюлозно-паперового та інших виробництв.

Очищення стічних вод анаеробним шляхом, (без доступу кисню повітря), проводиться в метантенках. Процес може йти при температурі 20-35°С (мезофильне зброджування) і 45-55°С (термофільне зброджування). В результаті розпаду органічних сполук в анаеробних умовах утворюються гази CH4, $C0_2$, H_2, N_2; крім того, залишається якась кількість жирних кислот, сульфідів, гумінових речовин та інших сполук. При термофільній ферментації відбувається більш глибокий розпад органічних речовин [15].

При анаеробному зброджуванні важливим фактором є час перебування мулу в реакторі, часто зване у виробничій практиці віком мулу. Він особливо значущий через відносно великий середній час генерації для ацето- і

метаногенних бактерій. Тому були зроблені спроби спроектувати реактори, в яких біомаса могла б утримуватися і можна було б уникнути вимивання повільно зростаючих мікроорганізмів. У станціях аерації давно застосовувалася рециркуляція мулу для підтримки щільності біомаси, і цей принцип був спочатку використаний для анаеробного зброджування в вигляді анаеробного контактного процесу, в якому мул рециркулює з відстійника назад в зброджувач повного змішання. На основі цієї системи був розроблений зброджувач-освітлювач «Дорр-Олівер», в якому відбувається не перемішування, а освітлення зваженого шару мікробного мулу. Цей процес з'явився природним попередником анаеробного процесу, заснованого на застосуванні шару мулу, зваженого в висхідному струмі. Крім того, виникло кілька інших промислових розробок, заснованих на анаеробному контактному процесі і створених з аналогічною метою максимізувати час перебування і, отже, оптимізувати очищення стічних вод [1].

При експлуатації метантенків слід враховувати наступні речі.

Вибирати температурний режим зброджування потрібно на основі техніко-економічного порівняння варіантів з урахуванням методів подальшої обробки стічних вод, санітарних вимог до методу утилізації біогазу, теплотехнічних розрахунків тощо.

Проведення процесу ферментації рекомендується передбачати в режимах: мезофільному (температура близько 35 °С) або термофільному (температура від 50 °С до 60 °С). Допускається використання двофазного термотолерантного (термофільно-мезофільного) режиму;

При проектуванні метантенків необхідно враховувати, що:

- Стічні води повинні бути проціджений на решітках (ситах) з прозорами не більше ніж 6 мм (з метою додаткового видалення крупнодисперсних домішок осідаючих неорганічних включень);
- надлишковий активний мул слід згущувати до вмісту сухої речовини не менше ніж 5 %;
- для підвищення попереднього розпаду органічної речовини і збільшення виходу біогазу рекомендується застосовувати попередню його

обробку методами: термічним (до 180°С), механічним, ферментативної і ультразвукової дезінтеграції тощо, а також їх поєднанням;

- допускається додавання інших видів відходів (гній, пташиний послід, рідкі органічні відходи харчової промисловості і некондиційної харчової продукції, спеціально підготовлені та ретельно подрібнені органічні компоненти твердих побутових відходів, інші близькі до них за складом нетоксичні для біологічного процесу промислові відходи). При цьому слід забезпечити необхідну гомогенізацію суміші, що подається в метантенки;
- їх об'єм слід розраховувати за умови органічного навантаження на робочий об'єм споруди;
- завантаження осаду слід приймати з урахуванням його вологості та наявності в осаді ПАР, рівномірно протягом доби. Для попередніх розрахунків об'ємну дозу можна приймати: для термофільного процесу - 15 %, для мезофільного процесу - 7 %;
- ступінь розпаду органічної речовини слід визначати з урахуванням складу води, температури процесу, технології попередньої обробки (за наявності).

Для забезпечення ефективності і надійності процесу ферментації та безпеки роботи метантенків слід передбачати:

- можливість промивання усіх трубопроводів;
- перемішування осаду в метантенках мішалками, біогазом або з використанням насосів. Перемішування насосами допускається тільки як резервне;
- можливість вивантаження збродженого осаду з нижньої та з
- верхньої частин споруди;
- систему аварійного переливу;
- ефективну тепло- та газоізоляцію;
- використання рекупераційних теплообмінників при термофільному режимі зброджування;
- герметичні люки-лази, як у верхній частині споруди (на газовому

ковпаку), так і в нижній частині;

- улаштування на верхньому люку метантенків прозорої вставки або застосування інших заходів для можливості візуального контролю за станом поверхні осаду;
- автоматичний контроль рівня осаду і тиску в метантенках;
- огорожу території метантенків та газового господарства.

Необхідно передбачати заходи щодо вибухопожежної безпеки устаткування резервуарів метантенків, інжекторної та насосної станцій метантенків (крім прибудованих до них приміщень категорії Д): застосування спецсвітильників та електропроводки згідно до вимог, вибухобезпечного вентиляційного обладнання, безсальникових насосів або насосів з торцевим ущільненням, іскробезпечних приладів контролю, газоаналізаторів, від яких відбувається автоматичне включення аварійної вентиляції та подача світлових і звукових сигналів у диспетчерську стосовно аварії тощо.

Герметичність резервуарів метантенків розраховується на надлишковий тиск до 5 кПа (0,5 м вод. ст.).

Відстань від метантенків до основних споруд очисних станцій, внутрішньомайданчикових автомобільних доріг і залізниці слід приймати не менше ніж 20 м, до високовольтних ліній - не менше ніж 1,5 висоти опори [16].

Кількість газу (біогазу), яку отримують при зброджуванні, можна приймати 1 г на 1 г беззольної речовини, що розпалася, його теплотворну здатність - 20900 кДж/м (5000 ккал/м).

Для зберігання біогазу слід передбачати «мокрі» газгольдери, розраховані на 2 - 4-годин- ний вихід біогазу. Тиск біогазу в газгольдері рекомендується приймати від 1,5 кПа до 2,5 кПа (0,15 - 0,25 м вод. ст.). Допускається використовувати кулясті «сухі» газгольдери з більш високим тиском (їх слід проектувати згідно з вимогами до споруд для зберігання природного газу) [17].

Проектування газового господарства метантенків (газозбірних пунктів, газової мережі, газгольдерів тощо) необхідно здійснювати відповідно до Правил безпеки систем газопостачання України.

Потрібно передбачати обов’язкову утилізацію біогазу, що утворюється при зброджуванні, насамперед для опалення приміщень і технологічних потреб на очисних спорудах.

Допускається:

- спалювання його в котельнях для виробництва пари і гарячої води (як роздільно, так і разом з природним газом);
- використання його як моторного палива в електрогазогенераторах для приводу двигунів насосів та повітродувок, а також в автомобілях;
- використання як палива в установках термічної сушки і спалювання осадів.

При використанні біогазу як моторного палива належить передбачати його очищення від домішок, що погіршують роботу двигунів (вода, завислі частки, сірководень, силоксани тощо).

6. ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДІВ АЕРОБНОЇ ТА АНАЕРОБНОЇ ОЧИСТКИ

При аеробному процесі очищення стічної води необхідною умовою роботи реактора є неперервна подача кисню [19]. Це призводить до додаткових витрат, і незважаючи на те, що процес деструкції органічної речовини відбувається активніше, ніж при анаеробній ферментації, в результаті утворюється велика кількість надлишкової біомаси, ставлячи проблему її утилізації. Анаеробні методи переробки стічної води відрізняються тим, що 90% споживаних органічних сполук переводяться в продукти метаболізму, основною складовою яких є цінний енергоносій – метан, і тільки 10% - перетворюються в біомасу. Це обумовлює перспективність використання анаеробних методів очистки стічних вод.

Анаеробні методи очистки стічних вод використовуються для стічних вод з великим вмістом органічних сполук, що характеризує воду показниками ХСК та БСК [20]. Активний мул є головний фактор біологічної очистки. Анаеробний активний мул є основою роботи будь-якого метанреактора, від його стану та умов утримання залежить наскільки ефективно буде протікати анаеробне очищення стічних вод і наскільки добре буде проходити розкладання органічних речовин. Особливо інтенсивно анаеробна обробка застосовується в харчовій галузі:

- Індустрія напоїв;
- Пивзаводи;
- Спиртозаводи;
- Переробка барди;
- Утилізація сироватки і жирів:
- Молокозаводи;
- Кондитерські фабрики

При використанні біологічгих методів очищення має сенс порівняти методи аеробного та анаеробного очищення стічних вод. Це дасть можливість виявити переваги та недоліки одних методів відносно інших.

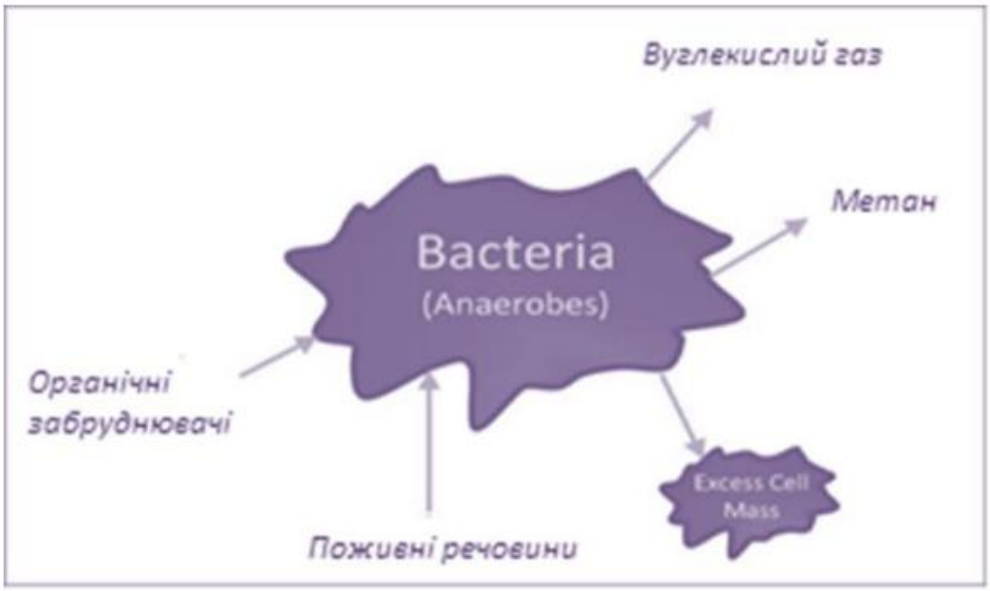


Рис. 6.1 Особливості метаболізму аеробних та анаеробних бактерій.

Головною дійовою ланкою біоценозу активного мулу є бактерії, що розрізняються за типом вуглецевого живлення (гетеротрофи і хемоавтотрофи) і типу біологічного окислення (аероби та анаероби). Використовуючи забруднюючі компоненти стічних вод як поживний і енергетичний субстрат, бактерії мінералізують його до простих нетоксичних компонентів. Крім бактерій в активному мулі розвиваються мікроскопічні водорості, дріжджі і гриби. Мікрофауна активного мулу представлена в основному одноклітинними тваринами - найпростішими, представниками саркодових, джгутикових, інфузорій. Але в ньому присутні також більш складно організовані представники тваринного світу, наприклад, коловертки, круглі черви, кліщі [21]. Мікроорганізми є ефективним індикатором для визначення якості мулу. Для здійснення біоіндикації проводять гідробіологічний аналіз водно-мулової суміші методом мікроскопіювання.

Були проаналізовані проби активного мулу з ємностей по очистці стічних вод целюлозно-паперової промисловості: 1) перший ступень аеробної біологічної очистки, 2) другий ступень аеробної біологічної очистки 3) анаеробна біологічна очистка (40^0С, мезофільне зброджування). Стічні води целюлозо-паперової та лісохімічної промисловості характеризуються як такі, що мають високий показник забруднень по ХСК, важко очищуються, мають інтенсивний неприємний колір та запах [22, 23].

Для мікроскопіювання мулу використовували бінокулярний мікроскоп МБІ-3. Для виготовлення препарату проби відстоювали 2-3 хвилини, для освітлення концентрованого осаду. Крапля мулу відбиралася піпеткою з широким отвором, містилася на предметне скло, накривалася покривним. Переглядали по дві краплі з кожної проби - з поверхні мулу і з дна. Мікроскопіювання індикаторних організмів здійснювали в основному при малому збільшенні (10х10) мікроскопа, іноді використовували велике (10х20).

В результаті візуальних досліджень зразка №1 було визначено, що активний мул має нечіткі сформовані щільні зооглейні скупчення, утворені бактеріями Zooglea ramigera. Запах слабко виражений. Швидкість осідання

пластівців мулу досить повільна, надосадова рідина напівпрозора.

В результаті візуальних досліджень зразка №2 нами було визначено, що активний мул має чітко сформовані щільні зооглейні скупчення в компактні флокули світло-коричневого, гірчичного кольору, запах слабо виражений. Швидкість осідання мулу висока, надосадова рідина прозора.

В результаті візуальних досліджень зразка №3 було визначено, що активний мул має глобулярну будову. Зразок має темний чорно-сірий колір, різкий неприємний запах, швидкість осідання мулу низька.

При мікроскопіюванні в складі активного мулу виявлено різноманіття індикаторних найпростіших.

В пробі №1 кількість груп організмів була невеликою, переважаючими групами були прикріплені раковинні амеби роду Arcella – 5особин в полі зору, рухомі форми інфузорій роду Litonotus – 5особин. (рис. 6.2).

В пробі №2 спостерігалося багате видове різноманіття: переважаючими групами організмів були прикріплені раковинні амеби роду Arcella – 6 особин в полі зору, рухомі форми інфузорій роду Litonotus – 12 особин, інфузорії роду Vorticella – 3 особин, черв – 1 особина. Велика частина перерахованих найпростіших є індикаторами хорошого стану мулу (рис. 6.2).

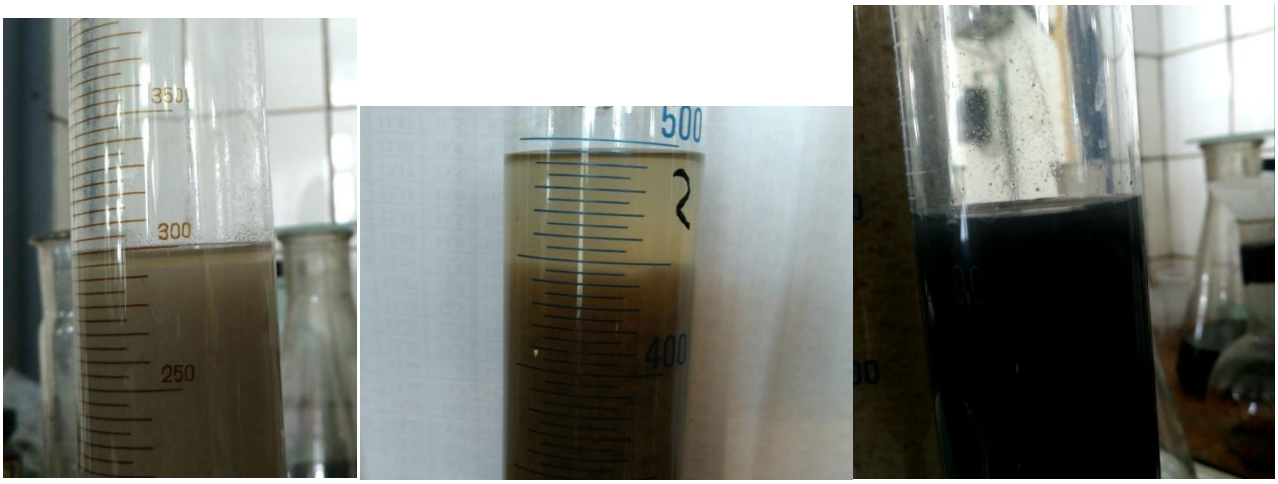
Проба №3 характеризувалася бідним складом організмів, в ній були виявлені рухомі форми інфузорій Litonotus – 1 особина в полі зору та черв – 2 особини, були також помічені нитчасті водорості (рис. 6.2).

При гарній очистці в активному мулі в великих кількостях зустрічаються брюхореснічні інфузорії і прикріплені форми - сувойкі, що нагадують окремі дзвіночки, а іноді цілі грона дзвіночків [24] – це характерно для зразку активного мулу №2. Але зовсім не ідентифіковані в цих пробах коловертки, які ми спостерігали при очистці господарсько-побутових стічних вод [23], та які теж є показником гарної очистки. При поганій біологічної очистці розвиваються жгутіконосци і амеби. Зовсім мало стає інфузорій і коловерток. А бактеріальні пластівці або подрібнюються, або округлюються. Такий мул ми спостерігали у зразку №3 - активний мул має мінімальну кількість живих

рухливих організмів, що характеризує його особливий стан.

Таким чином, активний мул при анаеробному очищенні стічних вод зовні має вид чорних глобул діаметром 2-3мм, в його складі присутні переважно бактерії.

1



2

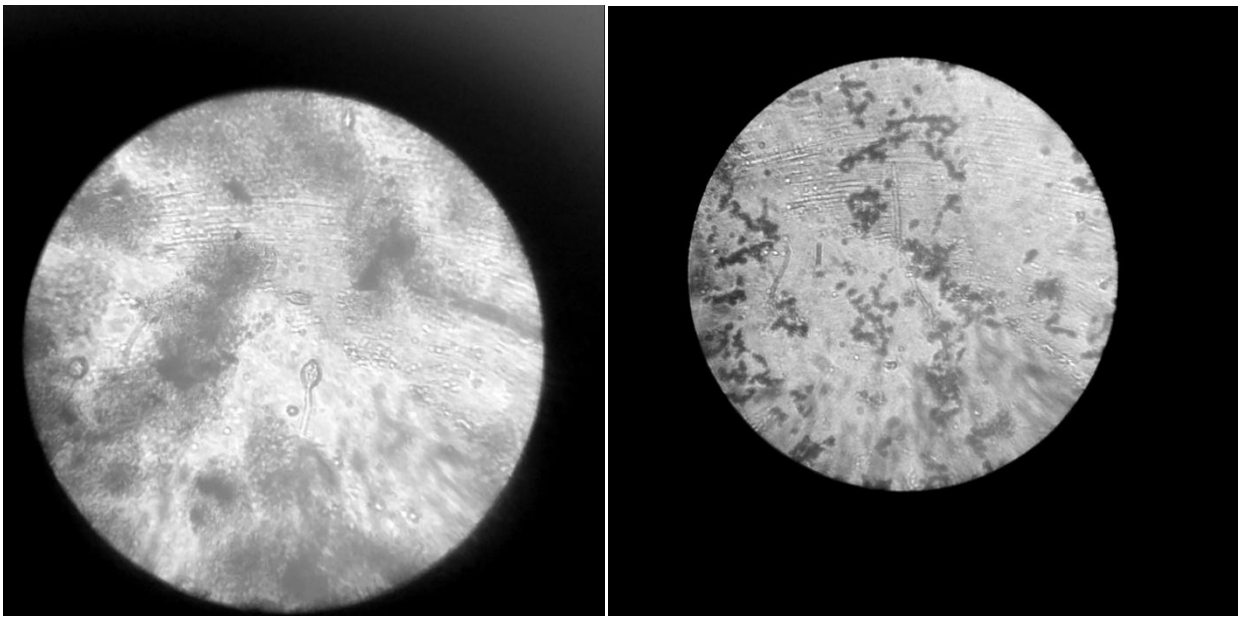


Рис. 6.2 Вигляд активного мулу аеробного процесу (ліворуч) та анаеробного процесу (праворуч):

1 – візуально при дослідженны кинетики выдстоювання;

2 – на мікропрепаратах при мікроскопіюванні (х 200).

Порівняльний аналіз двох процесів очистки – аероного та анаеробного представлений у таблиці 6.1

Таблиця 6.1 Порівняльна характеристика аеробної та анаеробної системи очистки стічних вод

Анаеробна система очистки	**Аеробна система очистки**
Дуже складний трьохстадійний біохімічний процес без участі молекулярного (вільного) кисню. Продуктами реакції є метан, діоксид вуглецю, надлишок біомаси	Біохімічні реакції відбуваються за участю молекулярного (вільного) кисню. Продуктами реакції є діоксид вуглецю, вода і надлишок біомаси.
Використовується при високій концентрації забруднень в стічних водах (ХСК>1500 мгO_2/дм^3)	Використовується тільки після попереднього освітлення (відстоювання) та незначної кількості забруднень в стічних водах
Використовується при температурі стічних вод >20-25^0	Може використовуватися при відносно низьких температурах стічних вод
Дуже чутливий до присутності токсичних речовин (Не допустима наявність токсичних речовин в стічних водах)	Менш чутливий до присутності токсичних речовин (При окремих умовах допустима незначна кількість токсичних речовин)
Для лужних стічних вод не обов’язкова попередня нейтралізація	Для лужних стічних вод обов’язкова нейтралізація
Активний мул більш стійкий до зниження навантажень по забрудненням	Чутливий до зниження навантаження активний мул
Невелика кількість надлишкового активного мулу (0,04 кг біомаси/кг ХСК)	Велика кількість надлишкового мулу, потрібна стадія зневоднення (5-8кг біомаси/кг ХСК)
Немає значного одночасного видалення азоту та фосфору	Можливе одночасне видалення азоту та фосфору
Очисні споруди компактні	Треба значні площі для очисних споруд
Більші капіталовкладення Відносно низькі експлуатаційні витрати	Менші капіталовкладення Великі експлуатаційні витрати
Високий ступінь небезпеки при експлуатації очисних споруд	Відносно низький ступінь небезпеки при експлуатації очисних споруд

Анаеробні процеси очищення стічних вод не отримали ще широкого застосування, незважаючи на ряд очевидних переваг перед аеробними біологічними і хімічними процесами. Головна перевага полягає у високому

ступені перетворення вуглецю органічних речовин, що містяться у вхідному потоці, в метан і діоксид вуглецю. Це зменшення кількості вуглецю супроводжується зменшенням енергії, яку бактеріальна популяція витрачає на утворення біомаси, і, отже, кількість надлишкового мулу, що видаляється - менше, ніж в аеробному процесі біоочищення. Крім того, попутно утворюється біогаз, який представляє собою дуже цінне паливо.

Таким чином, проаналізував переваги та недоліки використання анаеробних методів очищення стічних вод ми прийшли до висновків, що:

1.Особливо ефективним метод анаеробного очищення є для високих концентрацій забруднень у стічній воді, а також для великих об'ємів води, яка поступає на очищення, що характерно для промислових стоків.

2.Анаеробні споруди стійки до залпових скидів стічної води, а також зберігають свою діє спроможність при відсутності надходження субстрату (стоків), що характерно для циклічного виробництва.

3. Анаеробні методи використовують закриті ємності, такі як метантенк, що знижує можливість забруднення атмосфери.

4.Анаеробне очищення стоків призводить до відносно невеликої кількості утворення осадів, 0,04 кг біомаси/кг ХСК, ріст мікробної маси незначний; в той час як аеробне – до великої (5-8кг біомаси/кг ХСК), значний приріст мікробної маси.

5.Недоліком існуючих анаеробних процесів очищення стічних вод є відносно низька продуктивність з вилученням ХСК, в порівнянні з аеробними процесами.

6. Анаеробні методи на відміну від аеробних не дозволяють видалити сполуки азоту та фосфору.

7.Використання анаеробних методів очищення дозволяє скоротити затрати на експлуатацію споруд біологічної очистки.

7.ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

7.1 Принцип будови та дії метантенку

Метантенк (від англ. Methane - метан і англ. Tank - резервуар) - пристрій для анаеробного бродіння рідких органічних відходів з отриманням метану.

Метантенк являє собою циліндричний резервуар з конічним днищем і герметичним перекриттям, у верхній частині якого є ковпак для збору газу, звідки газ відводиться для подальшого використання. Метантенки проектуються у вигляді резервуарів з рухомим (плаваючим), нерухомим перекриттям і надувним перекриттям. До числа переваг метантенків з плаваючим перекриттям відноситься їх вибухобезпечність, можливість регулювання завантаження і вивантаження осаду по положенню плаваючого перекриття по висоті. Однак застосування їх обмежене, тому що внаслідок великого дзеркала збродженої маси створюються сприятливі умови для утворення кірки. Крім того, при низькій температурі повітря важко рух плаваючого перекриття по напрямних роликах через їх обмерзання [1]. Найбільшого поширення набули метантенки з нерухомими перекриттями.

Типова схема метантенка нагадує в плані циліндр. Дещо рідше ці конструкції мають прямокутну форму. Допускається їх заглиблення в ґрунт, навіть іноді повністю. Донна частина має значний ухил до середини. Покрівельна частина апарату представляє собою або жорстку, або плаваючу конструкцію. Другий варіант менш надійний механічно. Однак він більш безпечний в плані зростання внутрішнього тиску. Для виготовлення стінок і днища споруди переважно використовують залізобетон. Зверху підводиться труба. По ній надходить всередину активний мул; через ту ж трубу проводиться і завантаження осаду або стічних вод. Щоб посилити утворення метану і всі інші процеси, ємність прогрівають, піклуються також про перемішування вмісту в постійному режимі. Для подачі тепла використовують водяні або

парові радіатори. Що важливо, весь процес проходить в анаеробному режимі. Це дозволяє розкласти органічні речовини на жирні кислоти. Але бродіння на такому етапі не зупиняється, і наступні продукти процесу - це вуглекислий газ і метан (довший навіть назву всьому виду обладнання) [19].

Відведення метану відбувається через верхні труби (Рис.7.1). Загальний вихід газів на 1 м^3 обробленого осаду або концентрованої стічної води становить 12-16 м^3. На частку власне метану доводиться при цьому від 8,4 до 11,2 м^3. Ще одна важлива тонкість - те, що метантенк служить головним чином для утилізації не тільки рідких стоків, а насичених і концентрованих, та ще й осадів. Якщо кількість очищуваної рідини не перевищує 25 м^3 за 24 години, то первинне відстоювання проводять в септиках. Якщо потрібно більше, аж до 10000 куб. м, застосовують уже вдосконалені двоярусні відстійники.

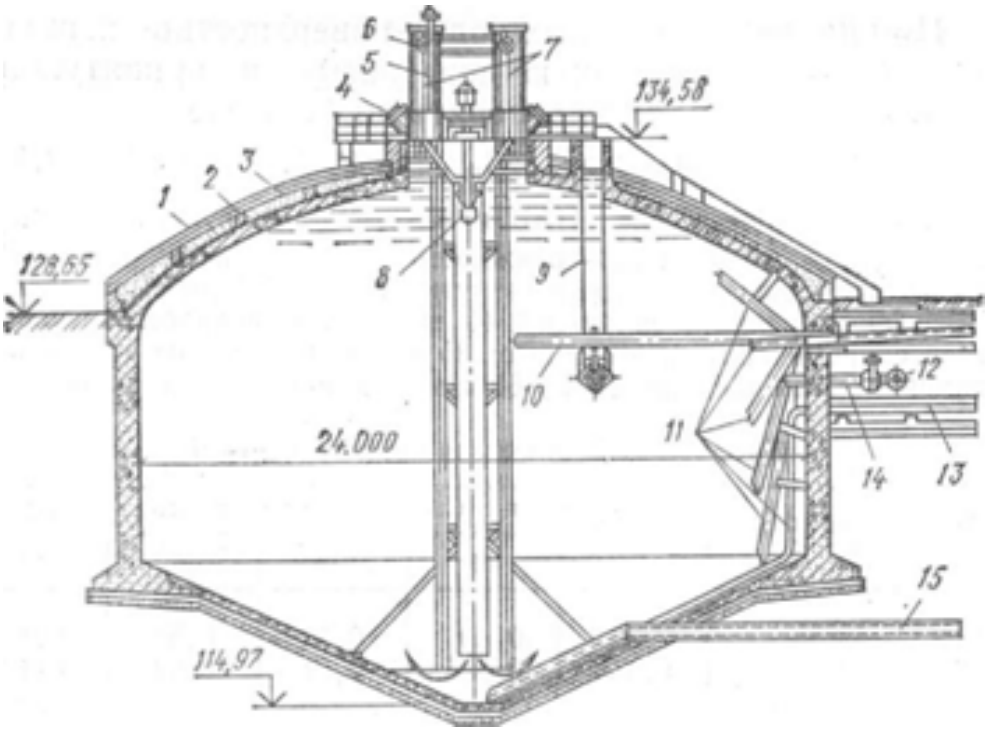


Рис. 7.1 Метантенк

1 - м'яка покрівля; 2 -цегла; 3 - шлак; 4 - оглядовий люк; 5 - труба для випуску газу в атмосферу; 6 - газопровід для газового ковпака; 7 - газові ковпаки; 8 -мешалка; 9 - переливна труба; 10 - трубопровід для подачі стічніх вод; 11 - трубопроводи для виходу збродженої суміші; 12 - інжектор для підігріву метантенків; 13 - трубопровід для вивантаження збродженого осаду з конусної частини метантенка; 14 - термометр опору; 15 - трубопровід для спорожнення метантенка (в футлярі).

Зверху в метантенк по трубі надходить осад і активний мул. Для прискорення процесу бродіння метантенк підігрівають, а вміст перемішують. В умовах відсутності кисню з органічних речовин (жирів, білків, вуглеводів та ін.) Утворюються жирні кислоти, з яких при подальшому бродінні утворюється метан і вуглекислий газ.

Ключовий розрахунковий параметр - ступінь розпаду беззольної речовини. Її оцінюють або безпосередньо, по убутку маси, або за обсягом виробленого біогазу. При другому варіанті обчислюють відсоток по відношенню до спочатку завантаженої беззольної маси. Ці показники можуть бути ідентичні або сильно різні. Розрахунок по газу при значному завантаженні системи зазвичай показує більше значення, ніж розрахунок по беззольній масі; протилежне співвідношення типово для слабкозавантажених апаратів з великою тривалістю зброджування. У них значна частина газу встигає розчинитися у воді [16,19]. Дослідження і аналіз фактично діючих систем дозволили встановити, що точний склад газу і його сумарний вихід при розкладанні кожної складової забруднень стічних вод відрізняється. Встановлено, що найбільше біогазу з'являється при розпаді жиру, а найменше його вихід при розпаді білка. Також експерти з'ясували, що у будь-яких речовин є межа розпаду, перевищити який неможливо. Визначати склад осаду можна, звертаючи увагу на початковий склад стоків, оскільки в залежності від джерел він може змінюватися досить сильно. Дуже актуальний параметр - так звана доза завантаження. Вона дорівнює відсотковій частці займаного осадом обсягу (до всього обсягу). Зв'язок інтенсивності розпаду із завантаженням розраховують у відповідності з прямолінійною і статичною залежностям.

Залежно від температури зброджування розрізняють мезофільний режим (при температурі 33 ° С) і термофільний (при температурі 53 ° С). Термофільне зброджування відрізняється більшою інтенсивністю розпаду органічних речовин і закінчується приблизно в 2 рази швидше, за рахунок чого вдвічі скорочується необхідний обсяг споруд. При термофільному зброджуванні досягається повна дегельмінтизація осаду каналізаційних стоків, тоді як в

умовах мезофільних температур гине лише 50-80% яєць гельмінтів. Основною перевагою мезофільного зброджування є забезпечення процесу теплом, одержуваних від спалювання газів бродіння. Підігрів осаду до термофільних температур, особливо в зимовий час, вимагає додаткової витрати палива, що тягне за собою збільшення експлуатаційних витрат.

Осад, зброджений в термофільних умовах, значно важче зневоднюється, ніж осад, зброджений при мезофільному процесі, тому вибір температурного режиму бродіння має здійснюватися з урахуванням прийнятої схеми подальшої обробки осаду.

Режим вибирають на підставі техніко-економічних розрахунків з урахуванням методів подальшої обробки та утилізації осадів (стічних вод) та санітарних вимог [16]. Кількість газів, що утворюються (метану і вугільної кислоти) залежить від кількості і складу осаду, а інтенсивність їх виділення - від температури бродіння і режиму завантаження метантенка свіжими порціями осаду або стічних вод. Дослідження показали, що в метантенках ступінь розпаду органічної речовини становить у середньому 40%. Найбільшому розпаду піддаються жироподібні речовини і вуглеводи. При зброджуванні виділяються гази: метан - приблизно 63-64% і вугільна кислота - 32-33%. Хід розпаду органічних речовин залежить в основному від дози завантаження за обсягом і тривалості зброджування. Доза завантаження - один з найважливіших технологічних параметрів, що визначають ступінь розпаду органічних речовин у метантенку. Вона виражається у відсотках і показує, яку частину обсягу метантенків становить добовий обсяг завантаження осаду. Тривалість зброджування, діб, є зворотною величиною дози завантаження. Так, при дозі завантаження 8% тривалість зброджування складає 13,5 діб.

Ще до одного способу збільшення інтенсивності процесу анаеробної біологічної очистки відноситься використання здатності бактерій до утворення гранульованої біомаси. Вона являє собою щільні агрегатні утворення, що мають розміри від двох до восьми міліметрів і є продуктом іммобілізації біомаси анаеробного мулу, в результаті процесів, що проходять на кордоні розділу

твердої і рідкої фази (див.Розд.6). Тому ініціаторами такої грануляції часто стають частинки, що володіють інертними властивостями. Вважається, що процесам утворення гранул сприяє присутність крохмалю, а також висока концентрація з'єднань кальцію. Такі гранулоподібні агрегати, за рахунок своєї щільної структури, мають гарну здатність до седиментації, тому при проходженні через шар біомаси висхідного потоку води, практично не виносяться разом з нею.

Метантенки - споруди вибухонебезпечні, тому їх слід розташовувати на відстані не менше 40 м від основних споруд станції, автомобільних і залізниць і високовольтних ліній. На огородженій території метантенків палити і розводити відкритий вогонь забороняється. У всіх приміщеннях пускові та струмовідні пристрої повинні монтуватися у вибухобезпечному виконанні [16].

7.2 Приклад технології анаеробного очищення стічних вод

Як модельну ситуацію візьмемо виробництво кормових дріжджів. Процес анаеробної очистки стічних вод у метантенку. Потужність виробництва 30000 т на рік. Кількість стічних вод, що утворюються - 45-53 $м^3$ на 1т готової продукції. Всього - 4000 $м^3$ стічних вод на добу.

Очисні споруди включають стадію механічної обробки, змішувач-усереднювач, метантенк, аеробний біофільтр, вторинні відстійники, стадію зневоднення осаду на стрічковому фільтрпресі, фільтр для очищення вихідного повітря.

Попередньо крупні механічні домішки із стічної води видаляються на барабанних решітках. Далі у первинному відстійнику відбувається вилучення домішок, що легко осаджуються. В змішувачі-осереднювачі відбувається накопичення та перемішування стоку, а також попереднє біологічне закисання органічних речовин, що сприяє в подальшому більш ефективній біологічній очистці. До змішувача також додається луг для нейтралізації pH стоку. Основним елементом системи очистки є анаеробний реактор. В якості анаеробного реактора застосований метантенк.

Таблиця 7.1 Вихідні дані

№п/п	Параметр	Одиниці вимірювання	Значення
1.	Температура	^{0}С	35-37
2.	pH		4-4,5
3.	Органічні речовини	мг/дм^3	7000-10000
4.	Мінеральні речовини	мг/дм^3	2000-4000
5.	Суспензована речовина	мг/дм^3	1000-2000
6.	ХСК	мгO_2/дм^3	2500-5000
7.	БСК$_5$	мгO_2/дм^3	200-500
8.	Органічні кислоти	мг/дм^3	1,1-23
9.	Феноли		200-700
10.	Загальний азот	мг/дм^3	25-100
11.	Фосфор (за P_2O_4)	мг/дм^3	2000-3000

У результаті анаеробного очищення органічні сполуки розпадаються до метану та вуглекислого газу. Біогаз, що містить 75-80% метану, поступає до когенераційної установки, де біогаз спалюється з виділенням теплової та електричної енергії, за рахунок якої забезпечується функціонування установки. В метантенку здійснюється очищення стічної води від 6500 мгХСК/дм^3 до 975 мгХСК/дм^3, тобто ефективність очистки складає 85%. Для оптимізації роботи реактора автоматично регулюється витрата води, температура, pH. Далі стічні води потрапляють на стадію аеробної очистки в аеротенку. В аеротенках здійснюється подальше очищення стічної води від 975 мгХСК/дм^3 до 300 мгХСК/дм^3. Загальна ступінь очищення за ХСК складає 95,4%. Мулова суміш освітлюється на вторинному відстійнику. З вторинного відстійника вода самопливом потрапляю в міську каналізаційну мережу.

Осад, що утворився в метантенку, та на стадії аеробної очистки змішується з флокулянтом і направляється на стрічковий фільтрпрес. Зневоднений осад підлягає утилізації.

7.3 Розрахунок матеріального балансу

Матеріальний баланс розраховували по осиному виду забруднюючих речовин, а саме органічних речовин за інтегральними показниками окислюваності - ХСК та БСК. Загальна кількість стічних вод – 4000 $м^3$/доб.

В метантенку здійснюється очищення стічної води за ХСК відбувається від 6500 мгO_2/$дм^3$ до 975 мгO_2/$дм^3$, тобто ефективність очистки складає 85%. Очищення стічної води за БСК повн – від 870 мгO_2/$дм^3$ до 90 мгO_2/$дм^3$, ефективність вилучення – 90%.

Таблиця 7.2

Матеріальний баланс анаеробної біологічної очистки стічних вод у метантенку (потужність 4000 $м^3$/доб)

	Прихід,кг	**Витрата,кг**		**Ефект очистки,%**
		Вилучено	**В очищених водах**	
ХСК	26000	22100	3900	85
$БСК_{повн}$	3480	3120	360	90
Всього	29480	25220	4260	
		29480		

1.Розрахуємо загальну кількість забруднень по ХСК на воді на споруди та після очистки:

6500 * 4000 = 26000000мг/доб = 26000кгХСК/добу

975 * 4000 = 3900000 мг/доб = 3900кгХСК/добу

Вилучено:

26000 – 3900 = 22100 кгХСК/добу

2.Розрахуємо загальну кількість забруднень по $БСК_{повн}$ на воді на споруди та після очистки:

870 * 4000 = 3480000 мг/доб = 3480кгБСКповн/добу

90 * 4000 = 360000 мг/доб = 360 кгБСКповн/добу

Вилучено:

3480 – 360 = 3120 кгБСКповн/добу.

Таким чином, максимальна ефективність вилучення (біоенергетичної трансформації) в метантенку відбувається по органічній речовині і складає за показником ХСК – 85%, а за показником БСКповн – 90%. Інші речовини трансформуються у цій споруді в незначної кількості, тому схема очистки передбачає ще аеробне вилучення біогенних елементів – азоту та фосфору та ін.

Визначимо кількість метана, що утворився в процесі очистки стічних вод [19].

Вміст органічної речовини в стічних водах на вході на очистку та на виході складає відповідно:

C_1 = 6,5 кгХСК/м^3

C_2 = 1 кгХСК/м^3

Витрата стічних вод складає 4000 м^3/доб.

Тоді:

4000 м^3/доб *(6,5 кгХСК/м^3-1 кгХСК/м^3)*0,25 CH_4/кгХСК = 5500 кг CH_4/добу

Враховуючі, що щільність метану при нормальних умовах (0°С та 1 атм) 0,717 кг/м^3, об'єм CH_4, що утворився складе - 7670,9 м^3.

Що приблизно складає на кожен м^3 стічних вод, що обробляються утворюється 1,9м^3 метану.

Таким чином, в даному модельному процесі анаеробної очистки стічних вод в метантенку із завислим мулом утворюються 5500кг/добу або 7670,9 м^3.

8. ОЦІНКА ВІДВЕРНЕНОГО ЕКОГО-ЕКОНОМІЧНОГО ЗБИТКУ

Природоохоронні заходи і програми мають відповідати інтересам охорони довкілля і здоров'я людини і забезпечувати максимальний загальноекономічний ефект, складовими якого є екологічний і соціально-економічні рівні природоохоронної діяльності

Під економічним збитком від деградації навколишнього середовища або еколого-економічним збитком розуміється грошова оцінка негативних змін у навколишнім середовищі в результаті її забруднення, у якості й кількості природних ресурсів, а також наслідків таких змін.

Величину еколого-економічного збитку можна представити у вигляді суми різних видів витрат, збитків від деградації навколишнього середовища.

Економічна оцінка відверненого річного збитку в результаті очищення та скиду очищених побутових стічних вод у водойми деяким джерелом (або кількома) здійснюється за формулою [25, 26]:

$$З = \gamma * \sigma_x * M;$$

де З - еколого-економічний збиток (грн/рік);

γ - константа, що завдає розмір шкоди при надходженні в природне середовище 1т умовних забруднюючої речовини, грн/ум.т;

σ_x – басейновий коефіцієнт, що залежить від народногосподарського значення водного джерела, що зазнає забруднення;

Значення σ_x для Сіверського Донця в нашому регіоні дорівнює 3, 79;

М – приведена маса річного скиду домішок даним джерелом в деяку водогосподарську дільницю (ум. т/рік);

$$M = \sum A_i * m_i,$$

де і – номер домішки, що скидається з водою;

N – загальне число домішок;

A_i – показник відносної небезпеки скиду і-тої речовини у водойми (ум. т/рік).

$$Ai = 1г/м^3/ГДК_{вр}, (ум.т/m),$$

Де $ГДК_{вр}$ – ГДК речовини в водоймі рибогосподарського призначення,

m_i – загальна маса річного скиду і-тої домішки оцінюваним джерелом, т/рік:

$$m_i = C_i*V,$$

де C_i – концентрація і-тої домішки в стічних водах, що поступають, $г/м^3$;

V – об'єм річного скиду стічних вод в водойму (млн. $м^3$/рік).

Якщо врахувати, що ріку Сіверський Донець скидається 1460000 $м^3$/рік стічних вод, концентрація речовин в яких до і після впровадження природоохоронного заходу показана в таблиці 8.1:

Таблиця 8.1 Значення концентрацій забруднювачів до очистки та після очистки

Nп/п	Показники	Одиниці виміру	Значення концентрації	
			до очистки	після очистки
1	$ХСК_{біхр}$	$мгO_2/дм^3$	6500	975
2	$БСК_{повн.}$	$мгO_2/дм^3$	870	90

Таблиця 8.2 Значення константи Аі для основних забруднюючих речовин

Nп/п	Показники	$ГДК_{вр,}$ мг/л	A_i, ум.т./т.
1	$БСК_{повн.}$	3	0,33

Аі для речовин, що відсутні у нормативній таблиці розраховується згідно до формули:

$$Ai = \frac{I(г/м^3)}{ГДКр.х._i(г/м^3)} \text{ ум. т./т.,}$$

Таблиця 8.3 Показники для розрахунку еколого-економічного збитку до і після впровадження природоохоронного заходу

Показники	До очистки			Після очистки		
	C_i мг/л	m_i= (C_i·V), т/рік	M_{i1}= (A_i·m_i) ум.т/рік	C_i мг/л	m_i= C_i·V), т/рік	M_{i2}= (A_i·m_i) ум.т/рік
$БСК_{повн.}$	870	1,3	0,429	90	0.4	0,132

Розраховуємо еколого- економічний збиток:

$\sum Mi_1$ = 242,7 ум.т/рік

$З_1$ = 0,429 х 3,79 х 22100 = 35933 грн/рік

$\sum Mi_2$ = 92,4ум.т/рік

$З_2$ = 0,132 х 3,79 х 3900 = 1951грн/рік

Відвернений еколого-економічний збиток дорівнює:

$$В = З_1 - З_2 = 35933 - 1951 = 33982 \text{ грн/рік}$$

Таким чином, відвернений еколого-економічний збиток при впровадженні природоохоронного заходу складає 33982 грн/рік.

9.ОХОНА ПРАЦІ

9.1 Загальні вимоги з питань охорони праці на виробництві

Охорона праці - це система законодавчих, організаційно-технічних,соціально-економічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичнихмір і засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я й працездатностілюдини в процесі праці. Завдання охорони праці полягає в тому, щоб звестидо мінімуму ймовірність поразки працюючого під дією небезпечного виробничого фактора або захворювання під дією шкідливого виробничого фактора з одночасним забезпеченням комфортних умов при максимальній продуктивності праці. Закон України "Про охорону праці" визначає основні положення по реалізації конституційного права громадян на охорону їх життя і здоров'я в процесі трудової діяльності; регулює взаємини між адміністрацією і працівником в незалежності від форм власності; встановлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні. Завданням законодавства про охорону навколишнього природного середовища є регулювання відносин у галузі охорони, використання і відтворення природних ресурсів, забезпечення екологічної безпеки, запобігання і ліквідації негативного впливу господарської та іншої діяльності на навколишнє природне середовище, збереження природних ресурсів, генетичного фонду живої природи, ландшафтів та інших природних комплексів, унікальних територій та природних об'єктів, пов'язаних з історико-культурною спадщиною [7, 8]. Згідно закону України «Про підприємства в Україні» усі роботодавці повинні турбуватись про дотримання у своєї діяльності вимог законів України стосовно охорони праці та навколишнього природного середовища.

Структура управління охороною праці на підприємстві. Система управління охороною праці (СУОП) є комплексом дій з підготовки, прийняття та реалізації рішень з метою виконання організаційних, технічних, санітарно-

гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів. Головна мета введення СУОП на підприємстві збереження життя, здоров'я та працездатності працівників під час трудового процесу. Управління охороною праці здійснюється: на підприємстві у цілому — директором підприємства безпосередньо та через заступника. У підрозділах та відділах — керівниками підрозділів. Контроль за дотриманням вимог із питань охорони праці та навколишнього середовища, підготовка звітності, рішень та пропозицій щодо покращення умов праці, виконує фахівець із охорони праці.

Під час роботи необхідно дотримувати оптимальні метеорологічні умови. Оптимальні метеорологічні умови - сполучення параметрів, які при тривалому й систематичному впливі на людину забезпечують збереження нормального функціонального й теплового стану організму без напруження реакцій терморегуляції. Параметри мікроклімату в приміщенні повинні відповідати ГН 3.3.5-8-6.6.1-2002 [27]. Параметри мікроклімату дотримуються із урахуванням категорії роботи за енерговитратами. Для підтримки в приміщенні оптимального температурного режиму відповідно до вимоги ДБН В.2.5-67:2013 [28] є централізоване опалювання і вентиляція. У теплий період року використовується конденціонування.

Освітлення. Особливістю роботи за дисплеєм ЕОМ є постійна й значна напруга функцій зорового аналізатора, обумовленого необхідністю розходження самосвітних об'єктів (символів, знаків і т.п.) при наявності відблисків на екрані, рядковій структурі екрана, мерехтіння зображення, недостатньою чіткістю об'єктів розходження. Для забезпечення нормального освітлення застосовуються природне бокове одностороннє й штучне освітлення, які нормуються ДБН В.2.5-28-2006 [29]. По характеру зорової роботи, робота відноситься до високої точності, розряд зорової роботи III, підрозряд г. Раціональне освітлення приміщення сприяє кращому виконанню виробничого завдання і забезпеченню комфорту при роботі. Для забезпечення нормального освітлення застосовуються природне, однобічне, бічне і штучне освітлення, а також сполучене, які нормуються санітарними нормами й

правилами ДБН В.2.5-28-2006 [29]. Приміщення з постійним перебуванням людей повинно мати, як правило, природне освітлення. При виконанні роботи використовувалося природне одностороннє бокове й штучне освітлення. Нормативне значення бути не менш коефіцієнта освітлення 1,5% при роботі, тому потрібно застосовувати штучне освітлення (згідно ДБН В.2.5-28-2006 [29]).

У приміщенні технічного відділу причинної шуму і вібрації являються апарати, прилади і устаткування: друкуючі пристрої, комп'ютери, вентилятори, кондиціонер та ін. При їхній роботі рівень вібрації не вище 33 дБ, рівень шуму не повинен перевищувати 50 дБА, що є нормою для даного виду діяльності відповідно до НПАОП 0.00-1.28-2010 [30]. Заходи по забезпеченню встановлених норм: використання спеціальних шум-поглинаючих перегородок. Застосування меблів, які сприяють зменшенню шуму і вібрації, установка апаратів і приладів на спеціальні амортизуючи підкладки.

Електробезпека. Для живлення устаткування (ПЕОМ, освітлювальні прилади) які є однофазними споживачами використовується трифазна мережа 380/220В частотою 50Гц з глухо заземленої нейтралі. Із цієї причини при роботі з електроприладами існує потенційна небезпека ураження людини електричним струмом, тому в правилах устрою електроустановок (ПУЕ - [31]) передбачені наступні заходи електробезпеки: конструктивні, схемно-конструктивні й експлуатаційні. Конструктивні - вимоги що забезпечують захист від доторкання персоналу до струмоведучих частин. Схемно-конструктивним заходом захисту є занулення електрообладнання у приміщенні. Для користувача ПЕОМ важливим є дотримання правил безпеки експлуатації електрообладнання. Так, заборонено доторкатися до дротів та з’єднань при наявності напруги в мережі, а також самостійно проводити ремонт електрообладнання. Усі питання щодо ремонту налагодження та інше, можуть виконувати тільки електрики та відповідні фахівці, які мають допуск до роботи із електрообладнанням певної категорії.

9.2 Охорона праці та безпека при роботі метантенків

Метантенки належать до вибухо- і пожежонебезпечних об'єктів, тому електродвигуни, освітлювальна арматура і пускова апаратура метантенків повинна мати вибухобезпечне виконання, а знання і виконання експлуатаційним персоналом правил техніки безпеки повинно контролюватися особливо суворо [16].

У процесі експлуатації метантенків персонал зобов'язаний:

-контролювати вологість, зольність, температуру осадів і мулу, що надходять, та забезпечувати завантаження не вище встановленої норми;

-постійно підтримувати заданий температурний режим у метантенку;

-контролювати процес перемішування осаду, не допускаючи ущільнення та утворення на його поверхні кірки;

-забезпечувати постійний рівень осаду в метантенку і вільний вихід газу;

-вести постійний облік виходу газу, визначати його склад (не рідше одного разу на тиждень), слідкувати за тиском у газопроводі та газовому просторі метантенку і газгольдері;

-вести облік кількості пари або гарячої води, що подаються в метантенки, з реєстрацією тиску і температури;

-регулярно вивантажувати зброджений осад, вести облік його кількості і якості (вологість, зольність, температура, питомий опір фільтруванню тощо).

Для забезпечення ефективності і надійності процесу зброджування осаду та безпеки роботи метантенків слід передбачати:

- можливість промивання усіх трубопроводів;
- перемішування осаду в метантенках мішалками, біогазом або з використанням насосів. Перемішування насосами допускається тільки як резервне;
- можливість вивантаження зброджeного осаду з нижньої та з верхньої частин споруди;
- систему аварійного переливу;

- ефективну тепло- та газоізоляцію;
- використання рекупераційних теплообмінників при термофільному режимі зброджування;
- герметичні люки-лази, як у верхній частині споруди (на газовому ковпаку), так і в нижній частині;
- улаштування на верхньому люку метантенків прозорої вставки або застосування інших заходів для можливості візуального контролю за станом поверхні осаду;
- автоматичний контроль рівня осаду і тиску в метантенках;
- огорожу території метантенків та газового господарства.

Необхідно передбачати заходи щодо вибухопожежної безпеки устаткування резервуарів метантенків, інжекторної та насосної станцій метантенків: застосування спецсвітильників та електропроводки згідно з ПУЕ [16], вибухобезпечного вентиляційного обладнання, безсальникових насосів або насосів з торцевим
ущільненням, іскробезпечних приладів контролю, газоаналізаторів, від яких відбувається автоматичне включення аварійної вентиляції та подача світлових і звукових сигналів у диспетчерську стосовно аварії тощо.

Герметичність резервуарів метантенків розраховується на надлишковий тиск до 5 кПа (0,5 м вод. ст.).

Відстань від метантенків до основних споруд очисних станцій, внутрішньомайданчикових автомобільних доріг і залізниці слід приймати не менше ніж 20 м, до високовольтних ліній - не менше ніж 1,5 висоти опори.

ВИСНОВКИ

Таким чином, проаналізував літературні джерела, ми відмітили переваги та недоліки використання анаеробних методів очищення стічних вод та прийшли до висновків, що:

1.Особливо ефективним метод анаеробного очищення є для високих концентрацій забруднень у стічній воді, а також для великих об’ємів води, яка поступає на очищення, що характерно для промислових стоків.

2.Анаеробні споруди стійки до залпових скидів стічної води, а також зберігають свою діє спроможність при відсутності надходження субстрату (стоків), що характерно для циклічного виробництва.

3. Анаеробні методи використовують закриті ємності, такі як метантенк, що знижує можливість забруднення атмосфери.

4.Анаеробне очищення стоків призводить до відносно невеликої кількості утворення осадів, 0,04 кг біомаси/кг ХСК, ріст мікробної маси незначний; в той час як аеробне – до великої (5-8кг біомаси/кг ХСК), значний приріст мікробної маси.

5.Недоліком існуючих анаеробних процесів очищення стічних вод є відносно низька продуктивність з вилученням ХСК, в порівнянні з аеробними процесами.

6. Анаеробні методи на відміну від аеробних не дозволяють видалити сполуки азоту та фосфору.

7.Використання анаеробних методів очищення дозволяє скоротити затрати на експлуатацію споруд біологічної очистки.

При порівняння біоценозу активного мулу аеробних та анаеробних процесів очистки нами відмічено, що мул при мезофільному зброджуванні має мінімальну кількість живих рухливих організмів: інфузорій і коловерток, бактеріальні скупчення утворюють ні пластівці, а округлюються. та мають вид

гранул, що характеризує його особливий стан. Активний мул при анаеробному очищенні стічних вод зовні має вид чорних глобул діаметром 2-3мм, в його складі присутні переважно бактерії.

Як модельну ситуацію ми використали виробництво кормових дріжджів. Процес анаеробної очистки стічних вод у метантенку. Потужність виробництва 30000 т на рік. Кількість стічних вод, що утворюються - 45-53 $м^3$ на 1т готової продукції. Всього - 4000 $м^3$ стічних вод на добу.

Максимальна ефективність вилучення (біоенергетичної трансформації) в метантенку відбувається по органічній речовині і складає за показником ХСК – 85%, а за показником БСКповн – 90%. Інші речовини трансформуються у цій споруді в незначної кількості, тому схема очистки передбачає ще аеробне вилучення біогенних елементів – азоту та фосфору та ін.

В даному модельному процесі анаеробної очистки стічних вод в метантенку із завислим мулом утворюються 5500кг/добу або 7670,9 $м^3$.

Анаеробні процеси очищення стічних вод не отримали ще широкого застосування, незважаючи на ряд очевидних переваг перед аеробними біологічними і хімічними процесами. Головна перевага полягає у високому ступені перетворення вуглецю органічних речовин, що містяться у вхідному потоці, в метан і діоксид вуглецю. Це зменшення кількості вуглецю супроводжується зменшенням енергії, яку бактеріальна популяція витрачає на утворення біомаси, і, отже, кількість надлишкового мулу, що видаляється - менше, ніж в аеробному процесі біоочищення. Крім того, попутно утворюється біогаз, який представляє собою дуже цінне паливо.

Відвернений еколого-економічний збиток при впровадженні природоохоронного заходу складає 33982 грн/рік.

АНОТАЦІЯ

На основі аналізу літературних джерел показані переваги та недоліки технологій біологічної очистки з використанням анаеробних методів. Розглянуто виробництво кормових дріжджів з процесом анаеробної очистки стічних вод у метантенку із завислим активним мулом.

АННОТАЦИЯ

На основе анализа литературных источников показаны преимущества и недостатки технологий биологической очистки с использованием анаэробных методов. Рассмотрено производство кормовых дрожжей с процессом анаэробной очистки сточных вод в метантенке с взвешенным активным илом.

ANNOTATION

Based on the analysis of literature sources, the advantages and disadvantages of biological treatment technologies using anaerobic methods are shown. The production of fodder yeast with the process of anaerobic wastewater treatment in a methanetank with suspended activated sludge is considered.

ЛІТЕРАТУРА

1. Хенце М. и др. Очистка сточных вод.- М: Мир, 2006. – 480с.

2. Бедрій Я.І. і ін. Основи екології та охорона природи. – Львів, Укрпошта, 1999. – 238 с.

3. Горелов А.А. Экология: Учебное пособие. - М.: Центр, 2000. - 240 с.

4. Злобін Ю.А.Основи екології. К.: Лібра, 1998. - 248 с.

5. Мусієнко, М. М. Екологія. Охорона природи : словник-довідник / М. М. Мусієнко, В. В. Серебряков. – К. : Знання, 2007. – 624 с.

6. Основи екології та охорони навколишнього природного середовища. - Навчальний посібник З/р Джигерея В.С. – Львів – 1999. – 234с.

7. Малишко М.І. Екологічне право України . – Київ: Юридична книга, 2001, 391с.

8. Екологія і закон. Екологічне законодавство України. Кн.1,2 – Київ: Юрінком Інтер, 1998.

9. Блінова Н.К., Мохонько В.І., Саломахіна С.О., Суворін О.В. Екологічна стандартизація і сертифікація - Навч. посібник. - Луганськ: Вид-во Східноукраїнського нац. ун-ту, 2009, 149 с.

10. Экология города. П/р Стольберга Ф.В. – Киев: «Либра», 2000.- 464с.

11. Орловский З.А. Очистка сточных вод за рубежом. – М.: Стройиздат, 1974. -192с.

12. Когановский А.М., Кульский Л.А., Сотникова Е.В., Шмарук В.Л. Очистка промышленных сточных вод. – К.: Техника, 1974. – 257с.

13. Біотехнологія: Підручник/В.Г. Герасименко, М.О. Герасименко, М.І. Цвіліховський та ін.; За заг. ред. В.Г. Герасименка. – К: Фірма «ІНКОС», 2006.

14. Кевбрина М.В. и др. Перспективная технология очистки коммунальных сточных вод гранулированными илами//
http://www.mosvodokanal.ru/forexperts/articles/9632

15. Гелетуха Г., Кобзар С., Копєйкін К. Перспективи розвитку технологій отримання біогазу в Україні. – 2001. – № 3. – С. 12-14.

16. Каналізація. Зовнішні мережи та споруди. ДБН В.2.5 – 75: 2013 – Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлового-комунального господарства України, 2012. -211с.

17. Строительные нормы и правила СНиП II – 32 -74 ,Часть II, Глава 32 Канализация. Наружные сети и сооружения. – М.: Стройиздат ,1975.- 89с.

18. СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения. – М., 1986. – 72 с.

19. Сидоров Ю. І., Мельниченко О. С., Новіков В. П., Влязло Р. Й. Розрахункова модель безперервного виробництва біогазу та її економічний аналіз // Вісник НУ «Львівська політехніка». — 2004. — № 497. — С. 65–70.

20. http://www.bibliotekar.ru/spravochnik-109-kanalizacia/84.htm

21. Роговская Ц.И. Биохимический метод очистки производственных сточных вод М: Стройиздат, 1967. — 140 с.

22. Малікова Ю.В. Біотестування активного мулу в залежності від умов очистки стічних вод // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Майбутній науковець – 2017» 1 грудня 2017р., Сєвєродонецьк: [Східноукр. нац. ун-т ім. В. Даля], – Ч.1, С.341-343.

23. Блинова Н.К., Мажула Ю.В. Биодиагностика активного ила низконагружаемых аеротенках // Матеріали VI Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції викладачів, аспірантів та студентів «Техногенно-екологічна безпека України: стан та перспективи розвитку» 7-15 листопада 2016 р., С.136-138.

24. Орлова Т.Н., Базлов Д.А., Орлов В.Ю. Химия природных и промышленных вод // Учебное пособие. — Ярославль: ЯрГУ, 2013. — 120с.

25. Методичні вказівки до виконання розділу «Розрахунок відверненого еколого економічного збитку» / Укладач: Бикова С.П. – Северодонецьк: СТІ, 2007. - 28с.

26. Маслош О.В. Методичні вказівки довиконання еколого- економічних

розрахунків в дипломних проектах. – Сєвєродонецьк, 2006 -52с.

27. Гігієнічні нормативи ГН 3.3.5-8-6.6.1 2002 р. Видання офіційне Ки-їв, 2001 рік –46 с.26.

28. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціювання . -К.: Мінрегіон України, 2013.-147 с27.

29. ДБН.В.2.5 –28-2006 . Природне і штучне освітлення. –К.: Мінбуд України, -2008 –74 с.28.

30. НПАОП 0.00-1.28-10 Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин/ Зареєстровано в Міністерстві юстиції України19 квітня 2010 р. за N 293/1758829.

31. Правила улаштування электроустановок. ПУЕ.–Харків.: Форт –2011 – 728 с.