

ВСТУП

З появою людини на планеті Земля велику роль у глобальній екосистемі стали відігравати взаємовідносини суспільства і природи. Особливо швидко посилюється вплив суспільства на природу у зв'язку з розвитком машинного виробництва.

Відомо, що за останні 100 років людство більше ніж у тисячу разів збільшило чисельність енергетичних ресурсів; за останні 35 років відбулося зростання більш ніж у 2 рази обсягів індустріальної і сільськогосподарської продукції. Загальний обсяг товарів та послуг у розвинутих країнах через кожні 15 років зростає у 2 рази. Звідси відповідно і збільшується кількість відходів господарської діяльності, які забруднюють атмосферу, водойми, ґрунти [1].

Україна відноситься до ряду індустріально-аграрних країн. Для багатьох міст характерна складна екологічна обстановка, зумовлена наявністю і концентрацією підприємств чорної та кольорової металургії, теплоенергетики, хімії та нафтохімії, гірничовидобувних підприємств та інших. У зв'язку з цим для багатьох промислових міст дуже актуальні проблеми охорони навколишнього природного середовища.

Луганська область в басейні Сіверського Дінця є однією з найбільш навантажених територій у нашій країні. В басейні ріки Сіверський Донець також розташовані полігони і накопичувачі промислових і побутових відходів.

Розвиток господарського комплексу в басейнах річки Сіверський Донець без урахування екологічних і економічних наслідків призвів до вкрай деформованої господарської структури промисловості з перевагою галузей, які найбільш негативно впливають на довкілля [2].

З промисловим водокористуванням пов'язане надходження у водотоки і водойми величезної кількості забруднених стічних вод, що призводить до якісного виснаження водних ресурсів. Інтенсивне використання вод тепловими й атомними електростанціями супроводжується скиданням у водні об'єкти значної кількості підігрітих на 8...12 °С відпрацьованих вод, що порушує їх природний термічний режим і призводить до теплового забруднення.

Водні об'єкти є колекторами для скидання стічних вод, що особливо позначається на їх якісному складі. Адже зворотні води можуть змінювати такі основні показники якості природних вод як хімічне споживання кисню, біологічне споживання кисню, температуру води, що відразу ж позначається на самопочутті живих організмів, яві заселяють водні об'єкти; змінюється кислотність. В водоймища разом зі стічними водами можуть потрапляти завислі речовини, не говорячи про нафту, нафтопродукти, жири рослинного та тваринного походження, кислоти, горючі суміші, токсичні та розчинені газоподібні речовини, присутність яких взагалі не припустима.

Серед джерел забруднення водних ресурсів на першому місці за кількістю та масштабами впливу знаходяться стічні води. Водокористування та подальше очищення використаних вод і їх скидання у водні об'єкти, може призвести до їх забруднення, засмічення та виснаження.

Під забрудненням розуміють насичення вод водотоків та водойм іншими речовинами і в таких кількостях або сполученнях, які погіршують якість води і спричиняють різні несприятливі наслідки. З погляду господарського використання водні об'єкти вважаються забрудненими, якщо стан або склад води в них змінились під впливом господарської діяльності, в результаті чого вода стала непридатною або менш придатною для якогось одного чи всіх видів використання.

Водозабезпечення території і населення області загальними водними ресурсами в 1,65 рази і місцевими в 2,0 рази нижче, ніж у середньому по Україні. На одного мешканця в області припадає від 0,16 до 0,5 тис. куб. м на рік (проти 1,01 тис. куб. м на рік в середньому по державі).

Якість поверхневих вод річок, які є приймачами стічних вод, не відповідають необхідним вимогам.

Тому актуальним є вивчення умов очистки стічних вод, факторів, що впливають на процеси очистки з метою пошуку нових прогресивних більш ефективних методів очистки стоків.

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

1.1 Загальна класифікація стічних вод

У всі часи поселення людей і розміщення промислових об'єктів реалізувалися в безпосередній близькості від прісних водойм, використовуваних для питних, гігієнічних, сільськогосподарських і виробничих цілей. У процесі використання води людиною вона змінювала свої природні властивості і в ряді випадків ставала небезпечною в санітарному відношенні. Згодом з розвитком інженерного обладнання міст і промислових об'єктів виникла необхідність в пристрої організованих способів відведення забруднених відпрацьованих потоків води по спеціальним гідротехнічних споруд. В даний час значення прісної води як природного сировини постійно зростає. При використанні в побуті і промисловості вода забруднюється речовинами мінерального і органічного походження. Таку воду прийнято називати стічною водою [3].

Бурхливий розвиток промисловості викликає необхідність в запобіганні негативного впливу виробничих стічних вод на водойми. Багато сучасні технологічні процеси пов'язані зі скиданням стічних вод у водні об'єкти. У зв'язку з надзвичайною різноманітністю складу, властивостей і витрат стічних вод промислових підприємств необхідно застосування специфічних методів, а також споруд на їхню локальної, попередньої і повної очистки. У складі інженерних комунікацій кожного промислового підприємства є комплекс каналізаційних мереж і споруд, за допомогою яких здійснюється відведення з території підприємства відпрацьованих вод (подальше використання яких або неможливо з технічних умов, або недоцільно по техніко-економічні показники),

а також споруд по попередній обробці стічних вод та вилучення з них цінних речовин і домішок [4].

Стічна вода – це вода, яка утворюється після використання для господарсько-побутових та промислових потреб, а також атмосферні осадки, які стікають з території населених пунктів, промислових підприємств під час випадання дощу і танення снігу. Стічна вода повинна бути видалена від місця її утворення по трубах, в основному самопливом.

Класифікація стічних вод включає три основні категорії в залежності від їх складу, походження і якісних показників домішок і забруднень:

- Побутові, або господарсько-фекальні, до яких відносяться стічні води, які видаляються з різних побутових приміщень, таких як туалети, душові і ванні кімнати, кухні, пральні, лазні, лікарні, їдальні і т.д. Основними їх забрудненнями є господарсько-побутові й фізіологічні відходи, а для їх скидання діють спеціальні правила приймання стічних вод у міську каналізацію;

Рівень забруднення стічних вод розраховується залежно від концентрації в них різних домішок, що виражається в масі на одиницю об'єму (г/м³ або мг/л).

Побутові стічні води є відносно одноманітними за своїм складом, а концентрація в них забруднень залежить від того, який обсяг води витрачається на одну людину, простіше кажучи - від норм водоспоживання.

В залежності від того, яке значення приймає розбавлення стічних вод, забруднення побутових стоків підрозділяють на наступні категорії:

- нерозчинні, в яких утворюються великі суспензії, розміри частинок у яких перевищують 0,1 мм;
- піни, суспензії й емульсії, розміри частинок яких становлять від 0,1 мкм до 0,1 мм;
- колоїдні - розмір частинок від 1 нм до 0,1 мкм;
- розчинні, до складу яких входять молекулярно-дисперсні частинки, розмір яких не досягає 1 нм.

Крім того, відрізняють органічні, мінеральні та біологічні забруднення побутових стоків:

- Мінеральні забруднення включають в себе частинки піску, глини і шлаку, розчини солей, лугів, кислот та інші речовини.

- Органічні забруднення можуть бути як тварини, так і рослинного походження. Рослинні забруднення - це різні залишки плодів, рослин і овочів, а також папір, рослинні олії тощо, які характеризуються підвищеним вмістом вуглецю.

До тваринних забруднень можна віднести різні людські та тваринні фізіологічні виділення, залишки органічної тканини, клейкі речовини і т.д., для яких характерно високий вміст азоту.

Біологічні ж забруднення включають в себе різні грибки (цвілеві та дріжджові), мікроорганізми, водорості і бактерії, серед яких досить велика кількість збудників таких хвороб, як паратиф, черевний тиф, дизентерія, сибірська виразка і т.д.

Такі забруднення можуть бути характерні не тільки для побутових стічних вод, але і для частини промислових стоків, наприклад - відходів м'ясокомбінатів, боєнь і т.д.

Незважаючи на те, що хімічний склад даних забруднень є органічним, створювана ними при надходженні у водойми санітарна небезпека вимагає їх виділення в окрему категорію.

В склад побутових стоків входять наступні забруднення (значення наведено у відсотках від загальної кількості забруднень) [5]:

Мінеральні речовини - 42%;

Органічні речовини - 58%;

Зважені речовини осідають - 20%;

Колоїдні суміші - 10%

Розчинні речовини - 50%.

- Промислові або виробничі, використані при виконанні різноманітних

технологічних процесів, таких промивання сировини і продукції, охолодження обладнання тощо, а також відкачані на поверхню в процесі добування корисних копалин.

Найчастіше промислові стоки забруднені виробничими відходами, в яких можуть міститися такі шкідливі та отруйні речовини, як азот амонійний в стічних водах, синильна кислота, солі свинцю, ртуті та міді, феноли, анілін тощо, а також відходи, які можуть мати цінність при використанні в якості вторинної сировини.

Промислові стічні води, у свою чергу, поділяють на три основні групи

1) промислові води, що утворюються внаслідок безпосереднього використання води саме в технологічних операціях, вони забруднені всіма речовинами, які використовуються в технологічних процесах даного виробництва. Частина цих вод, які отримують при завершальній обробці готового продукту, іноді слабо забруднена, і таку воду відносять до практично умовно чистих;

2) води від допоміжних операцій та процесів, які утворюються під час поверхневого охолодження технологічної апаратури та енергетичних агрегатів; головною відмінністю таких вод є, як правило, підвищена температура;

3) води із допоміжних цехів і цехів обслуговування (сховищ сировини та готової продукції, транспортування сировини і палива, котельних тощо), ці води забруднені різноманітними речовинами.

За типом забруднень промислові стічні води можна розподілити на три групи:

1) води, забруднені переважно мінеральними домішками (стічні води підприємств, що виробляють мінеральні добрива, кислоти, будівельні вироби та матеріали, нафтопродукти, вуглевидобувних підприємств тощо);

2) води, забруднені переважно органічними домішками (стічні води підприємств хімічної та нафтохімічної, переробної промисловості, виробництва полімерних плівок, матеріалів, каучуку тощо);

3) стічні води, забруднені мінеральними та органічними домішками (нафтопереробна, нафтодобувна, нафтохімічна, легка, харчова промисловість, органічний синтез),

За ступенем мінералізації стічні води також поділяють на три групи.

Першу групу складають стічні води з мінералізацією до 3 кг/м³, їх можна знесолювати методами іонного обміну.

До другої групи відносять стічні води з мінералізацією від 3 до 10—15 кг/м³. Для знесолення таких вод доцільно використовувати мембранні методи.

До третьої групи слід віднести стічні води з мінералізацією понад 15 кг/м³, знесолення яких доцільно здійснювати лише термічними методами.

За концентрацію органічних домішок промислові стічні води поділяють на чотири категорії I — до 500 мг/л, II — 500-5000, III — 5000-30 000, IV — понад 30 000 мг/л, а за ступенем агресивності — на неагресивні (рН 6,5..8,0), слабкоагресивні (рН 6,0..6,5 та рН 8..9) і сильноагресивні (рН<6 та рН>9).

Об'єм промислових стічних вод залежить від ступеня водоспоживання та водовідведення.

Нормою водоспоживання вважається доцільний об'єм води, необхідний для виробничого процесу і встановлений (або рекомендований) на підставі досвіду чи науково обґрунтованого розрахунку.

Нормою водовідведення є встановлений середній об'єм стічних вод, які відводять від підприємства у водойми, за доцільної норми водоспоживання.

Склад промислових стічних вод та їх ступінь забруднення можуть змінюватись в залежності від характеру конкретного виробництва і різних умов застосування води в технологічному процесі.

На кількість атмосферних стічних вод істотний вплив має рельєф і клімат конкретної місцевості, а також такі показники, як характер забудови, вид дорожнього покриття і т.п.

Стічні води підприємств промисловості та населених пунктів є основним джерелом забруднення водойм.

Так, не очищені поверхневі стічні води з високим вмістом мікроорганізмів і органічних речовин, які при попаданні в природні водойми, такі як річки і озера, призводять до порушення їх природного режиму.

При цьому відбуваються такі негативні процеси:

- поглинання кисню, розчиненого у воді;
- зниження якості води у водоймах;
- осідання на дно водойм різних відкладень;
- вода стає непридатною для пиття, а часто навіть для технічного використання;
- відбувається вимирання риби в водоймах і т.д.

Забруднення природних і штучних водойм стічними водами також призводить до погіршення їх зовнішнього вигляду і істотно знижує їх придатність для купання, туризму, водного спорту і т.д., тому біоочищення стічних вод є обов'язковою процедурою.

Ступінь очищення і умови випуску стічних вод у водойми регламентують спеціальні «Правила охорони поверхневих вод від забруднення стічними водами».

Дані Правила встановлюють два види нормативів, яким повинна відповідати якість води у водоймі у відповідності з характером її використання (водойми питного або культурно-побутового використання, а також водойми, що використовуються в цілях рибного господарства), а також граничні допустимі концентрації різних речовин у воді, які використовуються як вихідні дані в процесі визначення умов скидання стічних вод у водойми.

Чинним законодавством також заборонено випуск у водойми неочищених стічних вод, а також регламентуються нагляд за якістю стоків що спускають у водойми і такі додаткові заходи, як доочищення стічних вод.

- Атмосферні стічні води, до яких відносяться талі і дощові води, а також води від поливу зелених насаджень і вулиць.

Дана категорія стічних вод містить в собі в основному забруднення

мінерального походження і представляє меншу санітарну небезпеку, ніж виробничі і побутові стоки, тому очищення зливових стічних вод є найменш вимогливою процедурою.

Очищення та утилізація стічних вод з каналізаційних систем населених пунктів проводиться у спеціальних очисних спорудах, в яких видаляються зі стоків наступні речовини:

- Зважені;
- Колоїдні;
- Розчинені;
- Осів у первинних відстійниках осад;
- Надлишок активного мулу, що з'явився в результаті біологічної очистки.

Промислові стічні води можуть використовуватися в технологічному процесі повторно після того, як була проведена їх відповідна очищення, тому багато підприємств обладнують системи або оборотного водопостачання, або замкнутого водопостачання і каналізації, що виключають скидання стоків у водойми.

Істотне значення мають також безвідходної технології переробки матеріалів і сировини, особливо це стосується підприємств гірничої, целюлозно-паперової та хімічної промисловості.

Крім того, досить ефективними є фізико-хімічна очистка стоків (фільтрація, коагуляція, відстоювання і т.д.) які використовуються окремо або суміщаються з біологічною очисткою, використанням флокулянтів для очищення стічних вод, і методами додаткової обробки (іонообмін, сорбція, гіперфільтрація, видалення фосфатів та азотистих речовин тощо).

Ці методи здатні забезпечити досить якісну очистку стоків, після чого вони можуть бути спущені у водойми або використані в системі оборотного водопостачання підприємства.

Слід також зауважити, що стічні води, в яких присутня значна кількість речовин, що містять фосфор, калій, азот, кальцій і т.д. (в основному такі стоки мають побутове походження) представляють собою досить цінні добрива для

різних сільськогосподарських культур і застосовуються для поливу і зрошення земель сільськогосподарського призначення.

У зв'язку з цим очищені біологічним шляхом стічні води доцільно направляти на поля.

1.2 Загальна характеристика методів очистки стічних вод

Для очищення стічних вод використовують методи, що базуються на різних хімічних, фізичних, біологічних процесах чи їх комбінації. Вибір методу диктується екологічною, технологічною доцільністю та економічними показниками методу.

Методи очищення стічних вод можна розподілити на такі групи: механічні, фізико-хімічні, хімічні, біохімічні.

Механічне очищення. Здійснюють його методами, що ґрунтуються на використанні гравітаційних і відцентрових сил, а також проціджуванням і фільтруванням.

Для очищення виробничих стічних вод від таких неорганічних забруднень, як йони важких металів, отрути та інші токсичні речовини, застосовують хімічне або фізико-хімічне очищення.

Хімічне очищення застосовують у випадках, коли забруднення із стічних вод можливе тільки внаслідок хімічних реакцій між забруднювальними речовинами і реагентами, які вносять у стічні води. Очищення ґрунтується, як правило, на використанні хімічних (іноді електрохімічних) окисно-відновних

процесів, у результаті яких забруднення перетворюються на нові нешкідливі сполуки, що частково чи повністю випадають в облог або виділяються у вигляді газів. У разі хімічного очищення часто застосовують і просту нейтралізацію, яка супроводжується коагуляцією з властивими їй фізичними процесами.

Основними методами фізико-хімічного очищення стічних вод є сорбція, екстракція, евапорація, коагуляція, електрокоагуляція, флотація, іонний обмін, кристалізація, випарювання, ректифікація, мембранна технологія, спалювання тощо. Методи фізико-хімічного очищення виробничих стічних вод у багатьох випадках передбачають вилучення з них цінних речовин. Ці методи застосовують, як правило, для очищення окремих найбільш забруднених стічних вод, оскільки доцільніше мати справу з невеликими за кількістю, а ніж концентрованими за забрудненням стоками, ніж з об'ємними загальними стоками, де концентрація шкідливих домішок значно менша.

Інші методи очищення стічних вод є деструктивними, через те що забрудники зазнають руйнування (здебільшого шляхом окислення). До таких методів належать біохімічне очищення, яке застосовують для очищення слабконцентрованих стічних вод, що містять переважно органічні забруднювальні речовини.

Очищення стічних вод здійснюють на очисних установках, спорудах і станціях. За місцем розташування розрізняють локальні очисні споруди (установки); заводською (або загальнозаводські) очисні споруди.

Локальні, або цехові, очисні споруди розміщують безпосередньо в цеху або поблизу нього. Призначення таких споруд — вилучити із стічних вод, як правило, рекуперативними методами цінні інгредієнти, зменшити в стоках концентрацію забрудників до рівня, що відповідає вимогам скидання стічних вод у загальний каналізаційний колектор, або до рівня, що дає змогу повернути очищений сток у виробничий цикл.

На заводських очисних спорудах (станціях) здійснюють очищення всіх

стічних вод промислового підприємства, які цього потребують, перед передаванням їх до районних чи міських станцій біохімічного очищення або перед скиданням у водойми, або перед поверненням у систему оборотного водопостачання підприємства. На заводських очисних спорудах для реалізації механічних методів очищення стічних вод застосовують таке обладнання: горизонтальні і вертикальні пісковловлювачі, гідроциклони, центрифуги, ґратки (монтуються також на локальних очисних установках, якщо в стоках є грубодисперсні або волокнисті забрудники), барабанні сітки, мікрофільтри (мікропроціджувачі), вертикальні, горизонтальні, радіальні, тонкошарові відстійники, прояснювачі, нафтопастки і флотатори (для відділення емульгованих нафтопродуктів і мінеральних олій), жиро-, олія- і смоловловлювачі, фільтри різних типів (безнапірні, напірні, каркасно-засипні, з плаваючим завантаженням тощо).

Очищення стічних вод від колоїдних і високомолекулярних забрудників методом коагуляції здійснюють на очисних спорудах із застосуванням як спеціального обладнання (наприклад, проміжних реакторів для попереднього змішування частини стоків з коагулянтами і флокулянтами), так і типового обладнання для механічного очищення стоків (відстійників, прояснювачів, фільтрів із зернистим завантаженням тощо).

Віддувку пари летких сполук (сірководню, сірководню, мітил- і етил-меркаптанів та ін.) із стічних вод повітрям чи інертними газами здійснюють на очисних спорудах у барботажних дегазаторних колонах або у вакуумних барботажних дегазаторах.

Для азеотропної або пароциркулярної відгонки органічних сполук (фенолів, хлорбензолу, низькомолекулярних карбонових кислот тощо) з виробничих стічних вод очисні споруди (як правило, локальні) обладнують спеціальним устаткуванням, головними апаратами яких є відгонні колони і насадкові скрубери.

Екстракційні методи очищення стічних вод, що ґрунтуються на розподілі

розчиненої у воді речовини між двома взаємно нерозчинними (або обмежено розчинними) рідинами відповідно до її розчинності в кожній з рідин, здійснюються, як правило, в екстракційних колонах (проточних екстракторах) різного типу — розпилювальних, насадкових, з перфорованими або рухомими сітчастими тарілками. Як екстрагенти використовують зазвичай органічні речовини. Наприклад, для екстракційного знефенолювання стічних вод коксохімічних виробництв застосовують фенсольванбутилацетат з домішками ацетатних естерів інших вищих спиртів.

Три останні з перелічених методів очищення стічних води реалізуються, як правило, на локальних (цехових) і значно рідше — на загальнозаводських очисних спорудах (у випадках, коли склад органічних домішок стічних вод різних цехів більш-менш однорідний).

Адсорбційні методи застосовують на очисних спорудах для глибокого очищення стічних вод від органічних речовин з невисокою концентрацією (до 3000 мг/л). Адсорбцію використовують для вилучення із стічних вод цінних продуктів (і зменшення витрат виробництва) на локальних регенеративних адсорбційних установках; для видалення із стічних вод токсичних речовин, що перешкоджають біологічному очищенню загальнозаводських промислових стоків — це здійснюється на локальних (або групових чи загальнозаводських) деструктивних передочисних адсорбційних установках, після яких промислові стоки в суміші з побутовими надходять до споруд біологічного очищення. Безпосередньо процес адсорбції здійснюється в адсорбційних колонах з нерухомим і рухомим кулею сорбенту (активованого вугілля, золі ТЕЦ, топкового шлаку тощо), з киплячим кулею і з примусовим перемішуванням адсорбенту[1].

Іонний обмін застосовують для глибокого очищення стічних вод від іонів важких і кольорових металів, для коригування мінерального складу (зм'якшення, пониження загального вмісту солей, видалення фосфатів тощо) очищених стічних вод, що повторно використовуються в замкнених та інших

системах теплообмінного оборотного водопостачання. Іонообмінні методи можуть застосовуватися й у локальних системах очищення стічних вод від деяких органічних речовин — ароматичних та аліфатичних амінів, фенолів, органічних кислот тощо. Реалізація іонного обміну здійснюється в спеціальних апаратах — йонообмінниках періодичної (з щільним нерухомим кулею іонообмінної смоли) чи безперервної (з киплячим або рухомим кулею смоли) дії.

На деяких підприємствах хімічної, целюлозно-паперової, анілінофарбової, нафтопереробної та інших галузей утворюються концентровані стічні води та осади (після попереднього очищення стічних вод) з великим вмістом органічних і іноді неорганічних домішок, які важко утилізувати чи рентабельне вилучити з цих відходів певні інгредієнти. У таких випадках застосовують термічні методи їх знешкодження, тобто спалювання. Такими методами знешкоджують, наприклад, концентровані фенолоформальдегідні стічні води (40—50 г/л фенолів, 30—40 г/л формальдегіду, 70—90 г/л метанолу), сульфідні луги целюлозно-паперових виробництв та ін. Перед спалюванням стоки іноді концентрують. Концентратори з безпосереднім або непрямим нагріванням стоків входять до складу заводських споруд для вогневого знешкодження стоків. Спалювання стоків здійснюють у печах різного типу: горизонтальних і вертикальних циклонних, розпилювальних, з киплячим кулею, камерних, вертикальних шахтних, каталітичного спалювання, з системами до спалювання і доочищення та без останнього, заглибних (для спалювання рідких відходів, що містять вибухонебезпечні речовини) тощо. При вогневому знешкодженні високозольних, із значним вмістом неорганічних речовин стічних вод топки печей обладнують льотками для відбирання розплаву солей.

Для очищення стічних вод методами електродіалізу, виморожування, кристалізації, окислення домішок, мембранними методами тощо на очисних спорудах застосовують специфічне обладнання [7].

1.3 Біологічне очищення стічних вод

Біологічні методи очищення стічних вод засновані на життєдіяльності мікроорганізмів, які минералізують розчинені органічні сполуки, що є для мікроорганізмів джерелами живлення. Споруди біологічної очистки умовно можуть бути розділені на два види. До першого виду належать споруди, в яких процес біологічного очищення протікає в умовах, близьких до природних (поля фільтрації та біологічні ставки). У спорудах другого виду аналогічна очищення здійснюється в штучно створених умовах - в аеротенках та биофільтрах [5].

Таким чином, штучно культивовані мікроорганізми звільняють воду від забруднень, а метаболізм цих забруднень в клітках мікроорганізмів забезпечує їх енергетичні потреби, приріст біомаси і відновлення речовин клітки, що розпалися. Біологічним шляхом обробляється дуже багато складних і різноманітних органічних речовин. Переробці піддаються також деякі, не окислені неорганічні з'єднання - сірководень, аміак, нітрит. Проте в стічних водах присутні і такі речовини, які біологічним шляхом не окислюються або окислюються настільки поволі, що практично завершення процесу виявляється недосяжним. До групи біологічно не окислюваних речовин відносяться багато вуглеводнів, деякі складні ефіри, ряд жорстких синтетичних ПАВ, фарбники.

Біохімічне очищення стічних вод здійснюють для видалення розчинених і колоїдних органічних речовин в процесі їх окислювання або відновлення за допомогою мікроорганізмів, здатних в ході своєї життєдіяльності здійснювати їх мінералізацію.

За характером цей метод аналогічний природним процесам, наприклад, біологічному очищенню організмів (біоценозу), до складу яких входить багато різних бактерій (простих і високоорганізованих), пов'язаних між собою в єдиний комплекс складними взаємовідносинами (метабіозу, симбіозу та антагонізму). Основну роль у цьому комплексі відіграють бактерії, число яких знаходиться в межах від 10^6 до 10^8 клітинок в одному грамі сухої біомаси. Число родів бактерій може досягати 5—10, а число видів — кілька десятків і навіть сотень.

Така різноманітність видів бактерій зумовлена наявністю в стічній воді органічних речовин різних класів. Якщо у складі стічних вод є лише одна або декілька близьких за складом органічних сполук, то можливий розвиток

монокультури бактерій. Скорочення видів бактерій можливе, якщо очищення проводять при відсутності розчиненого у воді кисню (в анаеробних умовах) або при надто великому співвідношенні кількості поданих на очищення забруднень і біомас мікроорганізмів.

У процесі очищення стічних вод беруть участь дві групи бактерій: гетеротрофи та автотрофи. Ці групи бактерій відрізняються за способом використання джерела вуглецевого живлення. Гетеротрофи використовують вуглець з готових органічних речовин, що переробляються ними для отримання енергії, необхідної для біосинтезу клітин. Автотрофи для синтезу клітин застосовують неорганічний вуглець, а енергію утримують у результаті фотосинтезу або хемосинтезу (окислення деяких органічних сполук: аміаку, нітритів, солей двовалентного заліза, сірководню та ін.). Під дією мікроорганізмів можуть протікати окислювальний (аеробний) або відновлювальний (анаеробний) процеси.

Сутність процесу біологічного очищення стічних вод полягає в тому, що в процесі фільтрації через ґрунт або зернисте середовище органічні забруднення затримуються в ньому, утворюючи біологічну плівку, населену великою кількістю мікроорганізмів. Плівка адсорбує колоїдні і розчинені речовини, дрібні суспензії і вони за допомогою аеробних бактерій в присутності кисню повітря перетворюються в мінеральні сполуки. Атмосферне повітря добре проникає у ґрунт на глибину 0,2-0,3 м, де і здійснюється найбільш інтенсивне біохімічне окислювання.

Азот амонійних солей перетворюється в нітрати і нітрити, а органічний вуглець – у вуглекислоту. На великій глибині, куди проникнення повітря утруднене, окислювання здійснюється за рахунок денітрифікації, тобто за рахунок кисню, що виділяється при розпаді нітритів і нітратів. Практично процес очищення стічних вод здійснюється в шарі потужністю до 1,5 м.

Споруди біологічного очищення в природних умовах підрозділяють на *фільтраційні* (поля зрошування і поля фільтрації) і *об'ємні* (біологічні ставки і окислювальні канали). В перших стічна вода фільтрується через ґрунт, що містить аеробні бактерії, які отримують кисень з повітря, у других стічна вода

протікає крізь водоймище, куди кисень потрапляє за рахунок реаерації або механічної аерації.

У штучних умовах застосовують *біо- та аерофільтри, аеротенки, компактні установки* з механічним аерируванням. Очищення стічних вод в цих спорудах здійснюється більш ефективно, оскільки в них штучним шляхом забезпечуються більш сприятливі умови для життєдіяльності мікроорганізмів (переважно за рахунок кращого забезпечення киснем з повітря).

Глибоке очищення стічних вод з вилученням деяких біогенних елементів виконують після їх біологічного очищення при повторному використанні для потреб технічного водопостачання.

Біогенні елементи – хімічні елементи, які постійно входять у склад організмів і виконують певні біологічні функції. До їх числа відносяться: кисень, вуглець, водень, азот, бор, сірка, кальцій, калій, натрій, хлор, а також йод, цинк, магній, марганець, залізо та інші хімічні елементи, необхідні організмам у мізерних кількостях.

При глибокому очищенні найбільш часто вирішується задача нітрифікації, тобто окислення аміаку до азотної кислоти. Процес має дуже велике значення для землеробства, тому що переводить азотисті сполуки у форму, доступну для живлення рослин. Крім того, для водоймищ громадського водокористування існують норми ГДК за біогенними елементами, зокрема для азоту, сольового аміаку до 2 мг/л.

Із вапнякових методів вилучення із води азоту сольового аміаку (десорбція повітрям у лужному середовищі; озонування, хлорування, нітрифікація) усе ширше впроваджується у практику нітрифікація. При цьому азот із води не вилучають, а переводять азот сольового аміаку у нітрати і нітрити, що значно покращує кисневий режим водоймища.

Процес нітрифікації успішно протікає у біофільтрах, аерофільтрах та аеротенках за рахунок життєдіяльності бактерій – нітрифікаторів, і ефект нітрифікації відповідно складає 30-47, 60-70 та 70-75%. Під ефективністю нітрифікації розуміють відношення суми утворених нітратів та нітритів до вихідного вмісту амонійного азоту у відсотках.

Для усіх споруд біологічного очищення, які працюють у схемах нітритифікації, необхідний період зарядки або адаптації. Так, для аеротенків він складає 30-45 днів, при цьому спостерігається зменшення активного мулу за сухою речовиною внаслідок відмирання сапрофітної мікрофлори та спухання мулу.

Найбільш високий ефект нітритифікації досягається у аеротенках. В них можливо управляти процесом за рахунок концентрації біомаси нітритифікуючого мулу та оптимізації складу його мікробіального населення. Рекомендується улаштування спеціального резервуара для вирощування нітритифікуючого мулу, оскільки приріст активного мулу в самому аеротенку-нітритифікаторі дуже невеликий.

Доочищення стічних вод фільтруванням. Для цього найбільш широко застосовують фільтрування на барабанних сітках з вічками 0,5-1 мм зі швидкістю 40-50 м/год з подальшим фільтруванням на фільтрах із зернистим завантаженням. Для доочищення біологічно очищених стічних вод використовують прямоточні (двошарові) та протиточні швидкі фільтри. Перевагу необхідно віддавати швидким фільтрам із напрямком потоку знизу уверх, а також багатошаровим каркасно засипним (рис. 13.1) та крупнозернистим фільтрам. Швидкість фільтрування приймають 5-15 м/год. При фільтруванні скрізь зернисте завантаження біологічно очищених стічних вод досягається зниження БСК_{повн.} на 70-80%, ХСК (хімічне споживання кисню) – на 30-40%, завислих речовин – на 80-90%.

Останнім часом для доочищення біологічно очищених стічних вод ширше застосовують *каркаснозасипні фільтри (КЗФ)*. Особливістю кінетики витягування ними завислих речовин є те, що гравійний каркас затримує крупні частки завислих речовин у кількості до 40%, вирівнює навантаження по суспензії і тим самим забезпечує більш однорідний дисперсний склад завислих речовин, що проникають у другий фільтруючий шар. При цьому активний мул, який накопичується у завантаженні фільтру, не втрачує своєї біохімічної активності. Ефективність доочищення стічних вод на КЗФ складає: за завислими

речовинами 80-95%; за зниженням величини БСК_{повн.} – 66-89%; за зниженням величини ХСК – 24-40%.

Оптимальні технологічні та конструктивні параметри КЗФ: швидкість фільтрування – 10 м/год; розмір фракцій гравійного каркасу – 40-60 мм; розмір фракцій піщаної засипки – 1-1,25 мм; висота піщаної засипки 0,9 м, а загальна висота гравійного каркасу – 1,8 м. Оптимальні параметри водної та водоповітряної промивки КЗФ: при водній промивці – інтенсивність подачі промивної води 20-22 л/(с·м²), тривалість промивки 8 хв.; при водоповітряній промивці - інтенсивність подачі промивної води 12-14 л/(с·м²), інтенсивність подачі повітря 20-22 л/(с·м²), тривалість промивки 10 хв. [8].

1.4 Вплив чинників навколишнього середовища на ефективність біологічної очистки

При заданому ступені очищення основними факторами, що впливають на швидкість біохімічних реакцій, є концентрація потоку, вміст кисню в стічній воді, температура і рН середовища, вміст біогенних елементів, а також важких металів і мінеральних солей. Турбулізація потоку стічної води призводить до збільшення швидкості надходження поживних речовин і кисню до мікроорганізмів, що призводить до збільшення швидкості очищення. Турбулізація забезпечується інтенсивним перемішуванням подається повітрям або механічними способом. Підвищення температури стічної води збільшує швидкість протікання очищення в 2-3 рази, але тільки в межах 20-30 ° С. При цьому необхідно проводити більш інтенсивну аерацію, так як розчинність кисню зі збільшенням температури падає. При більш низьких температурах уповільнюється процес адаптації бактерій до нових видів забруднень, погіршуються процеси нітрифікації, флокуляції та осадження активного мулу. Солі важких металів сорбуються активним мулом, при цьому знижується біохімічна активність мулу і відбувається його спухання через інтенсивний розвиток нитчастих форм бактерій. За ступенем токсичності важкі метали можна розташувати в наступному порядку[5]:

Sb> Ag> Ci> Hg> 3> Ni> Pb> Cr3 +> V> Cd> Zn> Fe.

Абсорбція і споживання кисню.

В процесі аерації вода насичується бульбашками повітря, потім кисень з бульбашок абсорбується водою і переноситься до мікроорганізмів. Перенесення кисню з газової фази до клітин відбувається в два етапи. На першому етапі відбувається перенесення кисню з повітряних бульбашок в основну масу рідини, на другому - перенесення абсорбованого кисню з основної маси рідини до клітин під дією турбулентних пульсацій. Швидкість всього процесу лімітується дифузійним опором води при абсорбції кисню. Найбільш надійний спосіб збільшення кількості абсорбованого кисню - підвищення об'ємного коефіцієнта масовіддачі. Це досягається дробленням газових бульбашок і збільшенням газовмісного потоку стічної води. Швидкість споживання кисню мікроорганізмами не перевищує швидкість його абсорбції. Швидкість споживання кисню збільшується зі збільшенням вмісту його в воді, проте, тільки до певної межі. Концентрація кисню в воді, при якій швидкість споживання його стає постійною і не залежить від подальшого підвищення концентрації, називається критичною. Критична концентрація менше рівноважної і залежить від природи мікроорганізмів і температури.

Біогенні елементи і мікроелементи є необхідними для успішного протікання біохімічних реакцій в стічній воді. До них відносяться N, S, P, K, Mg, Ca, Na, Cl, Fe, Mo, Ni, Co, Zn, і ін. Серед них основними є N, P і K. Недолік азоту гальмує окислення органічних забруднювачів і призводить до утворення трудноосідаючого мулу. Нестача фосфору призводить до розвитку нитчастих бактерій і, в результаті, до спухання активного мулу. Вміст біогенних елементів залежить від складу стічних вод і має встановлюватися експериментально. Орієнтовне співвідношення БСКполн: N: P при тривалості очищення до 3 діб становить 100: 5: 1. При тривалості очищення 20 діб це співвідношення слід підтримувати на рівні 200: 5: 1. При нестачі азоту, фосфору і калію в стічні води додають азотні, фосфорні та калійні добрива [6].

1.5 Огляд патентної літератури

Було проведено патентний огляд за темою роботи. Основні результати наведені в таблиці 1.1

Таблиця 1.1 – Огляд патентної літератури

Країни, за якими проведено пошук	Індекси патентної класифікації	Вид використаних джерел	Найменування і коротка характеристика винаходу
1	2	3	4
РФ	C02F9/14, C02F1/24, C02F3/32, C02F3/34	http://www.freepatent.ru/patents/2439001	Патент № 2439001 від 10.01.2012 Скворцов Лев Серафимович, Грачева Раїса Семеновна, Шматова Валентина Васильевна, Коньгин Александр Александрович. Винахід може бути використано для очищення концентрованих по органічним забрудненням господарсько-побутових і близьких до них за складом стічних вод. Для здійснення способу попередньо проводять механічну очистку вихідної стічної води з витяганням дисперсних механічних домішок. Отриману воду піддають анаеробній обробки при утриманні розчиненого кисню не більше 1 мг / л з подальшою аеробною обробкою з використанням

1	2	3	4
			<p>свободноплаваючого активного мулу з концентрацією 4-6 г / л при вмісті розчиненого кисню 2-4 мг / л. Після проміжного відстоювання утворилася водно-суміш мулу піддають флоатації в присутності біореагенту, що містить культури бактерій Zoogloea і водоростей роду Chlorella, іммобілізованих на металевому носії, з подальшим остаточним відстоюванням. Отриману очищену воду направляють на знезараження, осад після проміжного і остаточного відстоювання, що містить активний мул, рециркулюють на анаеробну обробку. Надлишковий активний мул піддають аеробного стабілізації з подальшим механічним зневодненням. Спосіб здійснюють в єдиній блочно-модульній конструкції, забезпеченою системами аерації, ерліфтів і рециркуляції. Винахід дозволяє скоротити час обробки і обсягів осадів, що утворюються, підвищити ступінь очищення стічних вод від забруднюючих речовин до ГДК, встановлених для водойм рибогосподарського призначення. 1 мул.</p>
РФ	C02F3/30	https://www.google.com/patents/WO2011031181A1?cl=ru	<p>Патент № WO2011031181 A1 від 17.03.2011 Арон Михайлович Халемский Винахід відноситься до біологічної очистки стічних вод і може бути використано в комунальному господарстві, різних галузях промисловості і сільського господарства для очищення побутових, промислових і близьких до них за складом стічних вод. Спочатку проводять обробку стічних вод в резервуарі попередньої аерації. Після резервуара попередньої аерації стічні води надходять на механічну очистку. Далі стік подають в біореактор і потім в відстійник, з якого активний мул повертають в біореактор і резервуар попередньої аерації з утворенням замкнутого технологічного циклу очищення стічних вод. Заявлений спосіб дозволяє автоматизувати процес біологічного очищення стічних вод за рахунок замкнутого технологічного</p>

1	2	3	4
			циклу і знизити техногенне навантаження на навколишнє середовище за рахунок розкладання органічних речовин, сорбованих на механічних домішках.
США	C02F3/30	https://www.google.com/patents/US20070187324	Патент № US20070187324 А1 від 16.08.2007 James Barnard Процес очистки стічних вод, в якому частина суміші припливних стічних вод та біомаси переносяться з першої анаеробної області до другої анаеробної області, що має відносно тривалий час утримання для одержання додаткових дуже коротких ланцюгів жирних кислот, які потім повертаються до перша анаеробна область, так що біомаса в ній займає дуже короткі ланцюгові жирні кислоти. Після цього вміст першої анаеробної області потік вниз по потоку в аеробну область, де біомаса займає фосфор. Частина біомаси повертається в першу анаеробну область, а друга частина біомаси витрачається з фосфором у ній, тим самим вилучаючи фосфор із очищеної стічної води.
РФ	C02F3/34, E02B15/04	http://ru-patent.info/20/80-84/2081853.html	Патент № 2081853 від 20.06.1997 Шульгин А.И.; Кудин А.В.; Берман О.Н. Винахід відноситься до області очищення стічних вод від органічних забруднень з використанням активного мулу, зокрема до очищення господарсько-побутових стічних вод, стічних вод м'ясо-молочних виробництв та інших підприємств харчової промисловості, а також нафто-масловмісних стічних вод.
Україна	C02F 1/32, C02F 1/28	База патентів України	Патент № 104617 від 10.02.2016 Мальований Мирослав Степанович, Вронська Наталія Юрїївна Спосіб очищення стічних вод, що включає очистку від біологічних забрудників ультрафіолетовим випромінюванням та подальшим очищенням, який відрізняється тим, що ультрафіолетове опромінення здійснюють в нерухомому шарі рідини, товщина якого є в межах 25-45 мм, а подальшу очистку здійснюють за

1	2	3	4
			допомогою сорбенту, який вибирають зі здатністю адсорбувати достатню кількість залишкових біологічних забрудників при постійному перемішуванні.
Україна	C02F 3/30, C02F 1/28	База патентів України	Патент № 69354 від 25.04.2012 Мальований Мирослав Степанович, Ятчишин Йосип Йосипович, Мальований Андрій Мирославович Спосіб очищення стічних вод від амонійного азоту, згідно з яким амонійний азот видаляють в двостадійному біологічному процесі з залученням нітритуєчих бактерій та Анаптох-бактерій, який відрізняється тим, що амонійний азот вилучають у одному або більше реакторах з вторинного потоку, отриманого після регенерації сульфокислотного стиrolдивінілбензолного катіоніту, який попередньо насичують амонієм з первинного потоку стоків.
Україна	C02F 3/30	База патентів України	Патент № 70203 від 25.05.2012 Кузьмінський Євген Васильович, Саблій Лариса Андріївна, Козар Марина Юріївна, Жукова Вероніка Сергіївна Спосіб біологічного очищення стічних вод з використанням гранульованого активного мулу, що включає очищення стічної води активним мулом у різних кисневих умовах, який відрізняється тим, що очищення стічних вод проводять гранульованим активним мулом, який утворюють при струменевій подачі повітря або рециркуляційної рідини в нижню конічну частину біореактора.

1.6 Висновки за аналітичним оглядом

Підвищення ефективності очищення стічних вод на основі застосування нових технологій, наразі їх екологічне обґрунтування набуває актуальності. Споруди, через які проходить приблизно половина об'єму відведених стічних вод, відрізняються за принципом роботи, пропускнуою здатністю і ефективністю очищення, однак їх об'єднує недосконалість закладених в них технічних рішень

і, як наслідок, – недостатній за нормативними вимогами ступінь очищення стічних вод від забруднюючих речовин.

Одними з найновіших у сфері очищення стічних вод є екологічні методи, що полягають у застосуванні у реакторах біологічного способу очищення стічних вод з використанням активного мулу. Відомо багато бактерій, мікроорганізмів, які очищують воду від забруднень. Ці організми справді можуть застосовуватися для очистки стічних вод різних господарських об'єктів. Для цього треба створити умови, в яких вони можуть існувати і «працювати». Досконало вивчити фактори навколишнього середовища, які впливають на ці організми і на їх здатність до біологічної очистки стічних вод.

Досягнення мікробіології, гідробіології та біотехнології останніх десятиліть дають змогу стверджувати, що сучасні біологічні методи можна успішно використовувати для очищення води від усіх без винятку розчинених у ній органічних сполук у будь-яких концентраціях, від йонів важких металів, нітратів, сульфатів, хроматів, аміакатів та від небезпечних біологічних агентів (хвороботворних бактерій, вірусів тощо). Завдяки біологічному очищенню можна не лише знешкодити стічні води, а й відтворити якість води, використаної в промисловому виробництві, побуті, сільському господарстві чи забрудненої внаслідок техногенних аварій на водоймах. З огляду на його відносну дешевизну (а іноді й прибутковість), надійність та екологічну бездоганність біологічне очищення води має безсумнівну перспективу закріпити свою чільну роль в охороні водного басейну від забруднення.

Як і будь-яка інша біотехнологія, біологічні методи очищення води ґрунтуються на використанні тих чи інших живих істот, їхніх комплексів – біоценозів. Таких біоценозів в очищенні води нині відомо п'ять: 1) біоплівка; 2) активний мул; 3) анаеробні мікроорганізми, зокрема гранульований мул; 4) селекціоновані мікроорганізми – деструктори певних забруднень; 5) гідробіоценози, що становлять просторову сукцесію (біоконвеєр).

Саме ці біологічні угруповання є основою всіх існуючих біотехнологій очищення води: найрізноманітніших біофільтрів (з гравійним, піщаним чи синтетичним завантаженням; вертикальних чи новітніх – горизонтальних, що зветься "wetlands" – мочарами, занурених у воду, чи інтенсивно провітрюваних тощо); аеротенків, окситенків різних типів і калібрів (витискувачі, змішувачі, циркуляційні, шахтові, баштові тощо), бактеріальних біореакторів, низки анаеробних споруд з висхідним чи низхідним потоком, з рециркуляцією чи без неї; нарешті, прямотечійні мікробіо-, зоо- та фітореактори.

2 ОБГРУНТУВАННЯ ВИБРАНОГО НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕНЬ

Метою даної роботи було вивчення процесів очищення стічних вод, супенно очистки їх від органічних речовин та сполук азоту (процеси нітрифікації та денітрифікації) у залежності від таких основних факторів навколишнього середовища, як концентрація кисню в аеротенках, температури та величини рН.

Концентрація кисню впливає на протікання і ефективність таких процесів як окислення органічної складової забруднень стічних вод, швидкість процесу такого окислення і приросту нових структур активного мулу. Крім того концентрація кисню впливає також на процеси нітрифікації сполук азоту з подальшим їх виділенням у вигляді атомарного азоту.

Зміна температури стічних вод викликає зміну розчинності кисню у воді. У теплу пору року (фізіологічна активність мікроорганізмів) розчинність кисню знижується; у зимовий період - розчинність кисню збільшується.

Мікроорганізми активного мулу, що здійснюють біологічне окислення, термолабільні і проявляють активність в широкому діапазоні температур. Біоценоз мікроорганізмів активного мулу багато в чому залежить 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 30-45 °С, і термофільні для яких оптимальна температура становить 30-60 °С, однак можуть рости і розвиватися навіть при температурі 80 °С.

Водневий показник характеризує і впливає на розвиток біоценозу активного мулу і таким чином на ефективність очищення стічних вод від забруднюючих речовин.

Об'єктом дослідження був також вплив наявності і концентрації біогенних елементів у стічних водах, які проходять очистку в аеротенках. Так основними біогенними елементами є N, P і K. Нестача азоту гальмує окислення органічних забруднювачів і призводить до утворення трудноосідаючого мулу. Нестача фосфору призводить до розвитку нитчастих бактерій і, в результаті, до спухання активного мулу.

У роботі досліджено вплив вказаних факторів на протікання біогенних процесів в аеротенках і зроблено висновки по таких дослідженнях.