МОН УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
(УНУС)

Факультет плодоовочівництва, екології та захисту рослин

Кафедра екології та безпеки життєдіяльності

Допущено до захисту

«___» (_____) 2023 року

Зав. кафедри, к. с.-г., доцент

_____Ольга ВАСИЛЕНКО

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ступеня вищої освіти магістр

ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД В УМОВАХ КОС М. УМАНЬ

Виконанала: студентка 2 курсу, групи 21-м-з-ек
спеціальності 101 Екологія
КУЛІБАБА Тетяна Віталіївна

Керівник: НІКІТІНА Ольга, к. с.-г. н., доцент

Умань – 2023

ЗМІСТ

ВСТУП	3
РОЗДІЛ 1 МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД МІСТА (огляд літератури)	6
1.1. Умови приймання стічних вод у міську систему водовідведення	6
1.2 Умови скидання стічних вод у водойми	9
1.3 Аналітичний огляд способів та методів очищення стічних вод від біогенних речовин	13
РОЗДІЛ 2. УМОВИ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ	18
2.1 Умови проведення досліджень	18
2.2 Характеристика об’єкту досліджень	19
2. 3 Методика проведення досліджень	22
2.4 Аналіз стану охорони праці в дослідній лабораторії	23
РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ АНАЛІЗ	27
3.1. Науково-теоретичні засади процесів денітрифікації стоків	27
3.2 Напрямки інтенсифікації процесів біохімічного очищення стоків	30
3.3 Технічне оснащення для реалізації процесу очищення стічних вод	35
РОЗДІЛ 4. ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНИХ ЗБИТКІВ ПРИ ВПРОВАДЖЕННІ НОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ	41
ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ	47
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	49
ДОДАТКИ	53

ВСТУП

Погіршення якості води в поверхневих джерелах відбувається, головним чином, через постійне забруднення речовинами антропогенного походження, в тому числі біогенними елементами, що пов’язано з недостатньою глибиною очищення стічних вод та необхідністю модернізації існуючих технологічних процесів та очисних споруд в Україні [1, 2].

Видалення біогенних елементів із стічних вод є нагальним завданням у зв’язку з тим, що сполуки азоту і фосфору викликають процес евтрофікації водойм, що супроводжується надмірним розвитком водоростей, особливо зелених, синьо-зелених та діатомових, переважанням небажаних видів планктону, порушення життєдіяльності риб та в цілому сприяє деградації водної екосистеми [3].

Вилучення біогенних сполук є необхідним також при створенні оборотних та замкнутих систем водопостачання промислових підприємств, які використовують біологічно очищенні міські стічні води. Наявність сполук фосфору і азоту викликає біологічне обростання трубопроводів, колекторів та іншого каналізаційного обладнання, а присутність амонійного азоту, нітритів та нітратів спричиняють корозійні процеси.

На вирішення проблематики видалення біогенних елементів направлена значна кількість вітчизняних та зарубіжних досліджень, зокрема в Європейському Союзі (Данія, Фінляндія, Швеція), в США тощо [4–6].

Актуальність теми.

На сучасному етапі гостро стоїть проблема забруднення довкілля, і відчутна необхідність проведення обов'язкового та ретельного очищення складових середовища з метою відповідності санітарним нормам. Особлива увага приділяється процесам очищення води, оскільки вона широко використовується в багатьох технологічних процесах та у повсякденному житті людей..

Метою роботи є підвищення рівня екологічної безпеки водних екосистем за рахунок покращення якості очищення стічних вод від біогенних елементів.

Відповідно до поставленої мети необхідно вирішити наступні **завдання**:

1. визначити чинники формування біогенного складу водних об’єктів;
2. дослідити фізико-хімічні характеристики стічних вод, що поступають на очищення на міські очисні споруди;
3. здійснити аналіз існуючих технологій очищення стічних вод відбіогенних елементів;
4. розробити технологічне рішення для підвищення якості очищеннястічних вод від біогенних елементів;
5. оцінити з економічної точки зору технологічне рішення.

Об’єктом дослідження є стічні води, які поступають на міські очисні споруди.

Предмет дослідження – процес очищення міських стічних вод від біогенних елементів біологічним методом.

Методи дослідження. Теоретичні аспекти роботи базуються на біохімічній формалізації процесів денітрифікації стоків та конверсії сполук сірки та здійсненні системного аналізу основних чинників формування біогенного складу водних об’єктів. В процесі біохімічного та екологічного моделювання було використано спеціальне програмне забезпечення: Кіотська енциклопедія генів і геномів (KEGG), що є біоінформаційною базою даних для розуміння високорівневих функцій і елементів біологічної системи, таких як клітка, організм та екосистема, а також електронна система BacDive, що є базою бактеріальних метаданих.

Наукова новизна одержаних результатів. З метою підвищення рівня екологічної безпеки на основі виконаних теоретичних досліджень отримані наукові результати щодо вивчення біохімічних перетворень сірки різного

генезису в процесі денітрифікації стоків.

Практичне значення роботи. Результати цієї роботи можуть доповнити наявну інформацію про методи очищення стічних вод від біогенних елементів та бути використані у розробці заходів, спрямованих на модернізацію технологічних процесів очищення стічних вод на міських очисних спорудах.

Апробація результатів роботи Основні положення кваліфікаційної роботи представлялися і обговорювалися на XII Всеукраїнській науково-практичній Інтернет-конференції «Екологія – шляхи гармонізації відносин природи та суспільства»

Структура та обсяг дипломної роботи. Загальний обсяг роботи становить 52 сторінки комп’ютерного тексту. Дипломна робота складається з вступу, 4 розділів, висновків та 1 додатку. Список використаних джерел нараховує 36 джерел.

РОЗДІЛ 1
МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД МІСТА (огляд літератури)

1.1 Умови приймання стічних вод у міську систему водовідведення

На підприємствах, зазвичай, утворюються промислові стічні води, які піддаються локальному очищенню (на очисних установках в цехах) або очищенню на станціях (заводські очисні споруди). Локальні очисні споруди дозволяють рекуперативними способами вилучати із скидів цінні інгредієнти, таким чином зменшуючи вміст забруднювачів до рівня гранично допустимих скидів, що в подальшому дасть змогу використовувати очищені води у виробничих процесах [5, 7].

Заводські очисні споруди дозволяють очищати усі стічні води підприємства перед подачею їх на станції біохімічного очищення (міські, районні) чи перед скиданням у водні об'єкти або поверненням води у систему зворотного водопостачання промислового підприємства. Використання хімічних, фізико- хімічних, механічних та ін. способів очищення стічних вод на заводських очисних станціях дозволяють вилучити забруднюючі речовини, які заважають скиданню їх на міську очисну станцію чи поверненню у систему зворотного водопостачання [1, 8, 9].

Умови приймання очищених стічних вод у міську систему водовідведення визначають потрібний ступінь їх очищення. Так як, скиди можуть містити різноманітні специфічні забруднювачі скидання їх у каналізаційну мережу вимагає певних обмежень. Скиди, що потрапляють у каналізацію повинні [10–14]:

- відповідати певній роботі мережі та споруд водовідведення;

- містити менше 500 мг/дм^3 завислих речовин;
- не містити речовини, що засмічують труби каналізаційних мереж;
- бути інертними щодо матеріалу каналізаційних труби чи споруд каналізації;
- не містити газоподібні речовини чи горючі домішки, що можуть утво- рювати пожежонебезпечні суміші;
- не містити шкідливі забруднюючі речовини у кількостях, що гальмують біохімічне очищення скидів;
- мати температуру нижче 40 °С;
- мати показник хімічного споживання кисню ХСК у 2,5 рази нижчий за показник біологічного споживання кисню $БСК_5$ або у 1,5 рази нижчий за показник біологічного споживання кисню (за повітрям) $БСК_{ПОВ}$. В іншому випадку стічні води можуть вміщати значний вміст органічних домішок, які не піддаються біохімічному окисненню;
- не містити речовини токсичного чи радіоактивного ряду, а також забруднювачів інфекційного походження і речовини, для яких не визначено показник ГДК.

У міські системи водовідведення забороняється скидати:

- розчинники, кислоти, луги, мазут, смоли, бензин;
- розчини, до складу яких входять сірководень, сірковуглець, леткі вугле- водні;
- осади після очисних споруд, ґрунт;
- різного типу промислові відходи, будівельне та побутове сміття;
- речовини, які можуть засмічувати колодязі, труби, решітки;
- горючі домішки та розчинені газоподібні речовини, що є вибухонебезпечними сумішами, агресивні гази, які здатні спричиняти корозію каналізаційних мереж і споруд.

Щоб запобігти процесам корозії каналізаційних колекторів, споруд кислі

та лужні промислові стоки перш ніж скидати у каналізацію необхідно нейтралізувати. З метою сумісного очищення побутових і виробничих стічних вод та для забезпечення нормальної роботи очисних споруд місцевого значення необхідно дотримуватися наступних умов [11]:

- показник середовища pH має лежати в межах 6,5-8,5;
- температурний інтервал повинен бути - 6-30 °С;
- загальна концентрація розчинених солей повинна бути нижчою 10 г/дм^3;
- у воді повинні бути відсутніми масла, смоли та мазути;
- у воді повинні бути відсутніми біологічно жорсткі синтетичні поверхнево- активні речовини ПАР, які не піддаються окисненню у спорудах біологічного очищення;
- показник біологічного споживання кисню (за повітрям) $БСК_{П0В}$ має сягати до 500 мг O_2/дм^3 у випадку потрапляння на біологічні фільтри, аеротенки- витискувачі і більше 1000 мг O_2/дм^3 у випадку потрапляння в аеротенки. Подавання стічної води розосереджене.

У міську систему водовідведення скидання промислових стічних вод повинно відбуватися рівномірно протягом доби. Суворо забороняється залпове скидання стічних вод. Якщо скиди води, не підпорядковуються вище вказаним вимогам, то вони, повинні попередньо очищатися або на заводських або на локальних очисних спорудах. Нормативи гранично допустимих скидів (ГДС) забруднюючих речовин регламентують скидання стічних вод після очищення. Обласні та міські водоканали, враховуючи очисні спроможності загальноміських очисних споруд, встановлюють для промислових підприємств ліміти скидів за складом та кількістю. Такі ліміти забезпечують допустимі умови скидання очищених стічних вод у водойму [11, 13].

1.2 Умови скидання стічних вод у водойми

Одним із видів водокористування є скидання стічних вод у водойми, яке здійснюється згідно дозволу місцевих органів екологічної безпеки. Скидання стічних вод допускає деяке погіршення якісного складу води у водних системах. Але такі зміни якості води у водоймах не повинні впливати на їх життєдіяльність, а також на подальше використання у ролі джерела риборозведення чи відпочинку [2,14, 15].

Показники гранично-допустимого скидання (ГДС) забруднюючих речовин у водойми – це норми, якими регламентується відведення стічних вод. Ці показники вказують на масу речовини у зворотній воді, яка є максимально допустимою до відведення за одиницю часу у відповідному пункті водного об'єкту. *(Вода зворотна* — це вода, як а за допомогою різних технічних споруд і засобів повертається із господарської ланки колообігу води у природні водоносні системи у вигляді стоків, кар'єрної, шахтної чи дренажної води). Кінцевим результатом таких показників є забезпечення норм якості води в контрольному створі.

У випадку скидання стічних вод, яке пов'язане з ремонтами споруд та каналізаційних систем підприємства встановлюється тимчасово узгоджений природоохоронними органами скид зворотних вод та їх концентрація (ТУС). Тобто показник *Тимчасового узгодженого скидання* (ТУС) відповідає масі речовин у зворотній воді, яка тимчасово відводиться у водойму.

Значення показника ГДС розраховують для кожного випуску стічних вод у водний об'єкт за формулою [16]:

$$ГДС = Q_{СТ} \cdot C_{ГДЗ}$$

де $Q_{СТ}$ - максимальна витрата стічних вод, $м^3$/год; $C_{ГДЗ}$ - гранично допустиме значення концентрації забруднюючої речовини, $г/м^3$.

Нормативи якості води поширюються на такі водні системи: на проточні

водойми – місця забору води для ГПВ, купання, організованого відпочинку, територія населеного пункту тощо, які розміщені на 1 км вище ніж найближчий (за течією) пункт водокористування; на непроточні водойми - до 1 км із двох сторін від місця водокористування [8, 9, 17].

Для розрахунку значення концентрації $С_{гдз}$ необхідно дотримуватися відповідних положень. Такий показник обчислюють для найгірших умов водокористування, що характеризуються наступними параметрами [6]:

- розрахункова витрата водотоку відповідає максимальній середньомісячній витраті року 95 % водної забезпеченості для незарегульованих водотоків чи мінімальній витраті через гатку - для зарегульованих;
- фонова концентрація (значення показника у фоновому створі) розраховується за допомогою відповідних усереднених обчислень;
- нормативні значення якості води у контрольному створі повинні виконуватися у потоці найзабрудненішої води;
- показник ГДС встановлюється щоб визначити певний ступінь очищення скидів, які потрапляють у водні об’єкти при умові дотримання нормативів екологічної безпеки водокористування;
- у випадку недотримання норм якості води показником фонової концентрації, значення $С_{ГДЗ}$ повинно дотримуватися безпосередньо у стічній воді;
- розраховане значення $С_{ГДЗ}$ не повинно перевищувати проектну (фактичну) величину концентрації;
- у виняткових випадках допускається скидання стічних вод у межах кордону населеного пункту. У даному випадку екологічні норми якості води повинні бути дійсними для самих стічних вод;
- повне біологічне очищення міських стічних вод дозволило встановити наступні значення $С_{ГДЗ}$: $БСК_5$ - не >15 г $О_2/м^3$; ХСК - не > 80 г

$O_2/м^3$; завислих речовин — не > 15 $г/м^3$; концентрація решти забруднюючих речовин нормується відповідно до умов збереження досягнутої категорії якості води у водному об'єкті;

- у випадку скидання стічних вод у межах кордону населеного пункту через ефективний розсіювальний випуск, показник ГДС повинен відповідати збереженню норм якості води у даному випуску;
- якщо природний фон (кількість води у природній водоймі) води за деякими показниками перевищує гранично допустиму концентрацію, то значення ГДС повинні дотримуватися збереження фонової концентрації забруднюючих речовин у водоймі. Розрахунок ГДС пов'язаний із типом водойми, а саме з приймальником стічних вод. Отже, вихідними даними є [19]: розрахункове значення показника у фоновому створі, кратність розбавлення скидів, при найгірших гідрогеологічних умовах; тип випускання скидів і місцезнаходження його; проектне (фактичне) значення концентрації забруднюючих речовин у стічній воді; затверджена максимальна витрата стічних вод за годину.

Для водойм господарсько-питного і культурно-побутового водокористування та рибогосподарського призначення встановлені нормативи якості води. Органами Державного санітарного нагляду залежно від перспектив використання гідросфери визначається належність водного об'єкту до певного виду водокористування [1, 2].

Прибережні райони морів також включають заходи, які спрямовані на запобігання їх забрудненню стічними водами. Нормативи якості морської води, поширюються на райони водокористування у певних відведених межах, а також на акваторію до 300 м по обидві сторони цих меж. Слід зазначити, що правила і норми стосуються не самого моря, а тільки його прибережних районів (санаторіїв, туристичних баз, будинків відпочинку) так як море розглядається як лікувальний, оздоровчий і культурно-побутовий фактор, а на джерело

водопостачання [20, 21]

Певні вимоги повинні задовольняти і нормативи якості води водойм господарсько-питного і культурно-побутового водокористування. Після змішування із стічною водою у воді водойми, що відбиралася до 12 год дня, кількість розчиненого кисню повинна бути не <, ніж 4 мг/дм^3 у будь-який період року. Значення повного біохімічного споживання кисню за 20°С має становити близько 3 мг O_2/дм^3.

Концентрація завислих речовин після потрапляння стічних вод у водойму не повинна підвищуватися більше ніж на 0,25 мг/дм^3; вода- не повинна мати запахів, присмаків інтенсивністю вище 2 бали, а для морів - 3 бали; не повинна змінювати колірність у стовпчику води до 20 см; кислотність відібраної води повинна лежати в межах 6,5 < pH < 8,5; повинні бути відсутні отруйні речовини, або бути у концентраціях, які б не вплинули б (прямо чи опосередково) на здоров'я населення. У стічних водах не повинно бути мінеральних масел чи інших речовин, які б утворювати на поверхні водойми плівки, а також різні збудники інфекційних хвороб [7,8,22].

Показник колі-індекса після знезараження біологічно очищених стічних вод повинен становити не більше ніж 1000 при концентрації залишкового хлору не менше ніж 1,5 мг/дм^3. Мінеральний склад води повинен бути наступний: не перевищувати норм щільного залишку 1000 мг/дм^3, хлоридів 350 мг/дм^3, сульфатів 500 мг/дм^3. Після скидання стічних вод температура води у водоймі не повинна зростати влітку більше, ніж на 3°С. Це порівняно із середньомісячною температурою води у найспекотніший місяць за останні 10 років.

1.3 **Аналітичний огляд способів та методів очищення стічних вод від біогенних речовин**

На сьогоднішній день відомі фізичні, фізико-хімічні, електрохімічні та біологічні методи видалення біогенних елементів зі стічної рідини.

Магнітна сепарація. Суть даного методу – пришвидшення з'єднання частинок у воді під дією магнітного поля. Процес видалення фосфору виконують при додаванні до стічної води осаджувального агента, в ролі якого виступає вапно і коагулянтів – солей заліза (III) або солей алюмінію. Як магнітний елемент використовують феромагнітний порошок (частки магнетиту) [24].

При видаленні сполук фосфору в магнітному полі фосфати зв'язуються за допомогою реагента у нерозчинні сполуки, потім додають магнітний матеріал і впливають магнітним полем, унаслідок чого виділяється фосфатвміщуючий осад. Флокуляцію фосфатів здійснюють при подачі високомолекулярних аніон-активних сполук. У результаті утворюються нерозчинні флокули, які пропускають через електромагнітну систему, де агломерати, що утворилися, затримуються. Метод магнітної сепарації дозволяє отримати залишковий вміст фосфору меншим за 0,5 мг/дм^3. Недоліком даного методу служить те, що при високій напруженості поля порошок магнетиту й фосфати реагують між собою.

Видалення розчинених речовин методом сорбції. Для очищення виробничих стічних вод найчастіше використовують адсорбенти з алюмінію, активованих окислів алюмінію і сульфату алюмінію [16].

Для цього до стічної рідини, яка очищається, додають сорбент (тверде тіло) в подрібненому вигляді і змішують зі стічною водою. Далі сорбент, насичений забрудненнями, відокремлюють від води методом відстоювання або фільтрування. Частіше стічну воду, що очищається, пропускають безперервно через фільтр, завантажений сорбентом. В якості сорбентів застосовують:

активоване вугілля, коксовий дріб’язок, торф, тирсу, золу та ін. Для відновлення сорбційної ємкості активоване вугілля піддають регенерації їдким натром, парою або термообробці. Недоліком даного методу очищення є його відносно висока вартість. При адсорбційному методі очищення фосфор може поглинатися поверхнею сорбенту, який може бути виготовлений з гранульованого окислу.

До фізико-хімічних методів видалення фосфору відносяться: метод осадження з кристалізацією, хімічне осадження вживанням реагентів, іонний обмін [25].

Одним з способів очистки є контактна коагуляція біологічно очищених стічних вод. Змішування стічної води і коагулянту здійснюють в диспергаторі, а для коагуляції використовують фосфогіпс. Спосіб очистки стічних вод від сполук фосфору, що включає контактну коагуляцію біологічно очищених стічних вод, який відрізняється тим, що змішування стічної води і коагулянту здійснюють в диспергаторі протягом 1–4 хв., а для коагуляції використовують фосфогіпс, що утворюється в процесі виробництва фосфорної кислоти з надлишком по відношенню до кількості фосфатів на суху речовину у відстояній стічній воді 90:1–120:1, при цьому обробку фосфогіпсом проводять впродовж 2-3 годин [13].

За останні роки було розроблено перспективний метод одержання коагулянтів у електролізерах з розчинними анодами, електрокоагуляція. Суть даного методу полягає в анодному розчиненні металів, переважно алюмінію і заліза, у водному середовищу під дією електричного струму з наступним утворенням гідроксидів, які виконують роль активного коагулянта для дисперсних домішок. На відміну від звичайної коагуляції солями заліза або алюмінію при електрокоагуляції вода не збагачується аніонами, що позитивно позначається на обробленні води. Електрохімічний розчин металів виконують як під впливом зовнішнього струму – анодний розчин металу, так і за рахунок

хімічної реакції при взаємодії електродного металу з електролітом. Цей процес очищення доцільно виконувати при високій щільності струму. Проте це збільшення спричиняє пасивацію електродів і сприяє зростанню поляризації електродів. Для зменшення поляризації можна змінювати полярність струму, що призведе до різкого зменшення виходу алюмінію по струму. Кількість розчиненого металу можна підвищити, збільшуючи швидкість води в електролізері і зменшуючи відстань між електродами. Рекомендований режим електрокоагуляції: щільність струму 10 А/дм^2 відстань між електродами – не більше 20 мм. Електрокоагуляцію проводять у безнапірних пластинчастих електролізерах горизонтального або вертикального типа. Компактність установок, відсутність реагентного й складського господарства, простота обслуговування є безперечними перевагами методу електрокоагуляції. Недоліками є значні витрати електроенергії і металу, поляризація електродів і зменшення швидкості розчинення металів внаслідок утворення окисної плівки на їх поверхні, механічне забруднення електродів домішками стічних вод, а також нагрівання оброблюваної води [1, 26].

Одним із способів є очищення за допомогою електрохімічного реактора. Електрохімічний реактор для очищення стічних вод, який складається з корпусу, зануреної перегородки, що не доходить до поверхні води та ділить об'єм апарата на зону електрокоагуляції та зону флотації, в зоні електрокоагуляції розташовані вертикальні пластинчаті електроди, систем подачі води на очищення, відводу очищеної води, збору і відведення флотаційного шламу, який відрізняється тим, що занурена перегородка не доходить до дна апарата і розділяє об'єм апарата на зону електрокоагуляції із низхідним рухом води та зону флотації з висхідним рухом води, а над перегородкою влаштовано спільний лоток збору флотаційного шламу із зон електрокоагуляції та флотації. На рисунку 1.5 зображено електрохімічний реактор для очищення стічних вод [14, 27].

Біологічний метод очищення стічних вод від біогенних сполук ґрунтується на процесах нітрифікації та денітрифікації, що засновані на окислюванні нітрифікуючими бактеріями амонійного азоту до нітратів (нітрифікація) і наступного їх відновлення денітрифікуючими бактеріями до газоподібного азоту (денітрифікація). При цьому для життєдіяльності цих мікроорганізмів застосовується зв'язаний кисень нітратів і нітритів, що призводить до зменшення питомої витрати повітря на аерацію стічних вод і, як наслідок, питомих енерговитрат. Принцип біологічної очистки від фосфору полягає у створенні умов для розвитку в складі активного мулу фосфор накопичувальних або «фосфорних» бактерій (Р-бактерій). Для цього в системі біологічної очистки розрізняють анаеробні й аеробні зони, через які по черзі проходить активний мул.

Біологічне очищення стічних вод від сполук фосфору опирається на здатність деяких груп бактерій (переважно роду Acinetobactier) в штучно створених 17 екстремальних умовах (досягаються при заміні зон, у яких перебувають бактерії з анаеробних на аеробні) видаляти з рідкої фази більше фосфору, ніж це потрібно для побудови клітинної структури (так би мовити «жадібне поглинання»). В анаеробних умовах у стічній воді відсутній як розчинений кисень, так і хімічно зв’язаний кисень нітритів і нітратів. Для забезпечення анаеробних умов циркулюючий активний мул має піддаватися попередній денітрифікації. Іншою умовою здійснення процесу є наявність у анаеробній зоні біологічно окислюваних органічних сполук, які здатні накопичуватися бактеріальними клітинами [29].

Підвищення ефективності очищення фосфору в спорудах по типу аеротенків можна досягти при поєднанні біологічних процесів з хімічним осадженням [30].

При реконструкції аеротенків система ступінчастої денітрифікації дозволяє використовувати вже побудовані резервуари, здійснювати роботи на

одному аеротенку без відключення всіх споруд. Ця система особливо приваблива для реконструкції коридорних аеротенків, які присутні на більшості станцій очищення стічних вод. Ступінь очищення біогенних елементів при такій схемі залежить від стабільності режиму перемішування. Перемішування активного мулу й стічної води проводять механічними мішалками або повітрям.

Пневматичне перемішування призводить до розчинення кисню і зниження ефективності денітрифікації і відбору бактерій, що акумулюють фосфор. При механічному перемішуванні у відповідні зони разом з водою і активним мулом поступає кисень, проте, процеси біологічного очищення азоту й фосфору протікають добре [11, 13, 16].

Спосіб очищення стічних вод від амонійного азоту, відповідно до якого амонійний азот видаляють в двостадійному біологічному процесі з використанням нітритуючих бактерій та Anammox-бактерій, який відрізняється тим, що амонійний азот вилучають у одному або більше реакторах звторинного потоку, який був отриманий після регенерації сульфокислотного стиролдивінілбензольного катіоніту, який попередньо насичують амонієм з первинного потоку стоків.

Дві стадії процесу проводяться в один час в одному реакторі або послідовно в двох або більше реакторах з використанням різних систем контролю та управління процесом. Підтримання значення кислотності середовища в реакторі, в якому відбувається процес нітритації, в межах 7-8 проводять шляхом додавання $NaHCO3$, $Na2CO3$ або $NaOH$ по трубопроводу [15].

РОЗДІЛ 2
УМОВИ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Умови проведення досліджень

Мережа водовідведення в місті Умань складається з автономних колекторів, шести насосних станцій для каналізації (КНС), трубопроводів з напіром та очисних споруд для обробки стічних вод (КОС).

Централізованою системою водовідведення користується 56% жителів міста. Окремі райони, такі як Міщанка, Лиса Гора, Софіївська Слобідка, Івангородське, Звенигородське передмістя та інші, не мають централізованого каналізаційного забезпечення, і відведення неочищених вод здійснюється за допомогою септичних ям. Проте 95% промислових підприємств приєднані до міської системи каналізації.

Стічні води частково подаються у приймальне відділення головної каналізаційної насосної станції міста (ГКНС) по вул. Чапаєва через самоплив та за допомогою каналізаційних насосних станцій (КНС) по вул. Тищика та вул. Челюскінців. Після цього вони, використовуючи три напірні колектори з діаметрами 400, 600 та 900 мм та насоси, подаються до каналізаційних очисних споруд "Собківка".

Головна каналізаційна насосна станція "Чапаєва" розташована в центральній частині міста за адресою вул. Фортечна (Чапаєва), 34. Територія станції розташована в водоохоронній зоні річки Уманки. Станція працює цілодобово. Проектна потужність ГКНС становить 36 тисяч кубічних метрів на добу. Постачання електроенергії здійснюється через дві трансформаторні підстанції II категорії.

Каналізаційні очисні споруди, що належать Комунальному підприємству "Уманьводоканал", виконують повний цикл механічної та біологічної очистки стічних вод, їх подальше доочищення та обробку осаду. Розташовані ці споруди на земельних ділянках с. Собківка, віддаленому на 5 км від міста Умань, покривають площу 15,6 гектарів.

Каналізаційні очисні споруди (КОС) загальною щодобовою потужністю 36 тис. кубічних метрів включають дві фази:

Перша фаза з потужністю 12 тис. кубічних метрів на добу була введена в експлуатацію у 1976 році.

Друга фаза з потужністю 24 тис. кубічних метрів на добу була введена в експлуатацію в 1989 році через перевантаження вже функціонуючої на той час першої фази.

2.2 Характеристика об’єкту досліджень

Для визначення якості стічних вод, що надходять на міські очисні споруди потрібно виконувати відбір проб та аналізувати їх протягом доби. Слід зазначити, що якість стічних вод протягом доби, так і кожен день не залишається стабільною.

В стічних водах спостерігається значне перевищення ГДК за вмістом як азотовмісних сполук так і фосфатів. Таким чином, можна зазначити що міські очисні споруди не справляються повністю з очищенням від біогенних сполук.

Вміст сполук фосфору, які надходять на міські очисні споруди від населення не регламентується. Проте існують Правила прийманя стічних вод підприємств у комунальні та відомчі системи каналізації населених пунктів України, відповідно до яких забороняється скидати до міської каналізації стоки, в яких концентрація фосфатів більша ніж 10 мг/л, нітратів – 45 мг/л, нітритів –

3,3 мг/л та амонійного азоту – 30 мг/л.

Згідно Водного кодексу України, стоками вважають таку воду, яка утворилася внаслідок господарсько-побутової, а також виробничої діяльності, відведена з територій житлових комплексів куди потрапила в результаті випадання атмосферних опадів. Зазвичай, стічні води з промислових територій і населених пунктів потрапляють у системами каналізації. Стічні води можуть бути забруднені мінеральними, органічними домішками, а також можуть містити патогенні мікроорганізми [27].

Очищеними вважаються такі стічні води, якщо у них:

- показник БСК не перевищує 50 мг/л;
- повністю відсутні спливаючі органічні забруднювачі;
- концентрація завислих речовин не перевищує 60 мг/л;
- вміст нафтопродуктів (не перевищує 5 мг/л;
- кольоровість (за платино-кобальтовою шкалою) становить понад 20 одиниць;
- водневий показник pH = 6–9.

Стічні води, які містять в своєму складі радіоактивні, токсичні речовини, солі важких металів і бактеріальні забруднення, у тому числі стічні води інфекційних лікувальних закладів і відділень та виробничі стічні води, при взаємодії з якими можуть утворюватись емульсії, токсичні або вибухонебезпечні гази, а також значну кількість нерозчинних у воді речовин, перед тим як випускати в каналізаційну мережу мають бути знезаражені та знешкоджені на локальних очисних спорудах з обов’язковою утилізацією або захороненням осадів які утворилися.

Допустимі концентрації забруднюючих речовин (ДК) визначені

відповідно до Санітарних правил і норм охорони поверхових вод від забруднення - СанПін 4630-88, розрахунку до проекту Правил приймання стічних вод Споживачів у каналізаційну мережу міста Умань та вимог до складу та властивостей стічних вод, які скидаються до системи централізованого водовідведення, для безпечного їх відведення та очищення на каналізаційних очисних спорудах, які наведені в таблиці 2.1[16].

Таблиця 2.1

Встановлені допустимі величини показників (ДВП) якості стічних вод в скидах споживачів у каналізаційну мережу м.Умань

№ з/п	Найменування показників	Одиниці виміру	Величина показників, мг/л
1	Реакція середовища (pH)	од.	6,5 - 9,0
2	Температура	°С	+40
3	ХСК	мгO_2/л	500,0
4	БСК $_5$	мгO_2/л	254,8
5	Завислі речовини	мг/л	300,0
6	Азот амонійний	мг/л	30, 0
7	Нітрити	мг/л	3,3
8	Нітрати	мг/л	45,0
9	Фосфати	мг/л	10,0
10	Хлориди	мг/л	350,0
11	Сульфати	мг/л	350,0
12	Нафта і нафтопродукти	мг/л	5,3
13	Жири рослинні та тваринні	мг/л	8,0
14	Синтетичні поверхнево-активні речовини (СПАР)	мг/л	10,0

15	Залізо (заг)	мг/л	2,5
16	Мідь	мг/л	0,5
17	Цинк	мг/л	1
18	Хром(заг)	мг/л	2,5
19	Свинець	мг/л	0,1
20	Нікель	мг/л	0,5
21	Сульфіди	мг/л	1,5
22	Фосфор (заг)	мг/л	5,0
23	Феноли	мг/л	0,25

2.3 Методи дослідження

Теоретичні основи роботи базуються на біохімічній формалізації процесів очищення з використанням системно-синергетичного підходу для опису моделей автотрофної денітрифікації мікроорганізмів на основі принципівавтокаталізу природних систем.

У роботі використано спеціальне програмне забезпечення для виявлення необхідних екологічних та трофічних груп мікроорганізмів та впровадження схем трофічних взаємодій у асоціаціях мікроорганізмів-денітрифікаторів.

Таксономічна класифікація кожного прочитаного була призначена на основі бази даних KEGG (Кіотська енциклопедія генів та геномів).

KEGG - це ресурс бази даних для розуміння функцій та утиліт високого рівня біологічної системи, таких як клітина, організм та екосистема, від геномної та молекулярно-інформаційної інформації. Це комп'ютерне зображення біологічної системи, що складається з молекулярних будівельних блоків генів та білків (геномної інформації) та хімічних речовин (хімічна інформація), які інтегровані з знаннями на молекулярні електричні схеми мереж взаємодії, реакції та зв'язку

(інформація системи) Моніторинг денітрифікації (нітрат => азот) M00529 був використаний для моделювання об'єднання основних екологічних і трофічних груп мікроорганізмів, що беруть участь в окремих стадіях цього процесу. Ця програма забезпечує визначення основних біохімічних реакцій, що включають ферменти та мікроорганізми, які містять відповідні гени [19].

2.4 Аналіз стану охорони праці в дослідній лабораторії

Головною метою охорони праці є створення на кожному робочому місті безпечних умов праці, безпечної експлуатації обладнання, зменшення або повна нейтралізація дії шкідливих і небезпечних виробничих факторів на організм людини і, як наслідок, зниження виробничого травматизму та професійних захворювань.

Основними принципами названо: пріоритет життя і здоров'я працівників відповідно до результатів виробничої діяльності господарства, повної відповідальності власника за створення безпечних і нешкідливих умов праці; соціального захисту працівників, повного відшкодування збитків, у тому числі і моральних, особам, які потерпіли від нещасних випадків на виробництві й професійних захворювань; професійна підготовка і підвищення кваліфікації працівників з питань охорони праці; використання світового досвіду організації роботи щодо покращення умов і безпеки праці [12,15].

Розроблений розділ має за мету проаналізувати існуючий стан охорони праці та розробити пропозиції, які підвищать безпеку праці на ТзОВ «Бадер Україна». На підприємстві створено службу охорони праці згідно Закону України "Про охорону праці". Керівник служби охорони праці

підпорядкований директору підприємства.

Основними виробничими об’єктами підприємства, які мають найвищий ступінь небезпеки травмування і отруєння працівників, викидів небезпечних речовин в повітря виробничих приміщень є такі: склад готової продукції; ремонтно-механічний цех; вакуум-компресорна станція; насосна станція, водопідготовка

Посадові інструкції інженерно - технічних працівників відповідають і вимогам положень, затверджених Держнаглядохоронпраці України від 03. 07.2013р. Щорічну перевірку знань працівників професій підвищеної небезпеки проведено в березні 2021р.

З метою виявлення причин виробничого травматизму та професійних захворювань спеціалісти служби разом з керівниками структурних підрозділів та головними спеціалістами провадять постійний аналіз травм. Для цього використовуються статистичний, топографічний, економічний і монографічний методи, які дозволяють розробити профілактичні заходи із запобігання небезпеки персоналу. Щорічно в колективному договорі розробляється і затверджується розділ з охорони праці між профспілковою організацією і правлінням. Представниками профспілкової організації та уповноважені ради трудового колективу з охорони праці провадять громадський контроль за дотриманням адміністрацією взятих зобов'язань щодо забезпечення всіх працівників необхідними засобами індивідуального захисту.

Розроблений розділ передбачає аналіз охорони праці та розроблення пропозицій, які підвищать безпеку праці під час проведення процесів водо підготовки та хімічних аналізів води на ТзОВ «Бадер Україна».

Згідно постанови Кабінету Міністрів №750 від 15.07.97р. основними напрямками роботи з охорони праці повинно бути створення безпечних і нешкідливих умов праці.

Оскільки, аналізи води проводяться в центральній заводській хімічній лабораторії, то представляємо вимоги безпеки праці при проведенні відповідних досліджень:

- до роботи у хімічній лабораторії допускаються особи, які пройшли інструктаж із питань охорони праці;
- працівники в лабораторії повинні працювати в засобах індивідуального захисту;
- засоби пожежогасіння повинні знаходитись на видному місці;
- працювати з незаземленими приладами заборонено;
- вмикати прилад можна тільки в мережу, яка відповідає напрузі приладу;
- електронагрівальні прилади необхідно ставити тільки на теплоізоляційний шар (керамічна плитка, азбест тощо);
- перед ввімкненням приладу дослідник повинен перевірити наявність заземлення;
- при наявності запаху газу в лабораторії не можна запалювати вогонь та вмикати електроприлади;
- перевірити справність роботи витяжної вентиляції;
- всі роботи з отруйними речовинами, газами і легкозаймистими речовинами слід проводити тільки у витяжній шафі;
- нюхати хімічні речовини дозволяється обережно, направляючи до себе пари або гази легким порухом руки;
- при наливанні реактивів та їх нагріванні не можна нахилятись над посудиною, щоб уникнути потрапляння бризок на обличчя або одяг;
- при переливанні кислоти з великих посудин необхідно користуватись спеціальними стояками;
- при розведенні концентрованих кислот або при наливанні їх до

розчинів обов'язково доливати кислоту у воду, а не навпаки;

- легкозаймисті речовини (бензол, толуол, спирт, ацетон тощо) наливати подалі від вогню;
- при запалюванні газу необхідно спочаткузапалити сірник, а потім поступово відкрити газовий кран.
- після закінчення роботи необхідно вимкнути всі електричні прилади, перекрити водопровідні та газові крани, прибрати своє робоче місце;
- застосовувати реактиви без назви забороняється;
- категорично забороняється залишати без нагляду пристрої, що працюють - електроприлади та газові пальники;
- категорично забороняється пробувати "на смак" хімічні речовини.
- у лабораторії категорично забороняється приймати їжу.

РОЗДІЛ 3
РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Науково-теоретичні засади процесів денітрифікації стоків

Денітрифікація автотрофів пояснює термодинамічну нестабільність нітратів у критичних областях або відсутність лізисних органічних зв'язків.

Окрім органічного вуглецю, деякі денітріфікуючі бактерії можуть використовувати неорганічні речовини, такі як водень та сірка, марганець та залізо в якості донора електронів. Кілька досліджень показали застосування цього процесу для видалення нітратів із забруднених вод, а сірково-вапняковий реактор використовувався для денітрифікації стічних вод автотрофом.

В вказується можливість використання промислових відходів десульфуризації димових газів для значного зменшення обсягу скидів при очищенні стічних вод. При цьому виділяються основні групи екотрофічних мікроорганізмів, які взаємодіють у біоорганічних циклах перетворення біогенних елементів У реакторі продемонстровано можливість денітрифікації в низькому співвідношенні ХСК (хімічне споживання кисню) / N, що встановлює симбіотичний баланс між бактеріями-денітрифікатарами, що окислюють сірку та бактеріями, що відновлюють сульфати [30].

Переваги автотрофної денітрифікації включають в себе:

1. зменшення забруднення реактора мертвою біомасою;
2. оброблена вода не забруднена органічним вугіллям.

Впровадження систем очистки стічних вод з використанням автотрофного процесу денітрифікації дасть можливість розширити сферу застосування ряду побічних продуктів, що в даний час є мінімальною утилізацією у традиційній

промисловій обробці. Наприклад, утилізація газоподібної сірки та біо-сірки.

Механізми перетворення сірки в природних екосистемах дозволяють зробити висновок про доцільність використання в якості сорбційного мінерального носія, що містять сірку, у системах очищення води, з подальшим перетворенням у органічну форму (з карбонатом мікроорганізмів) (рис. 3.2).

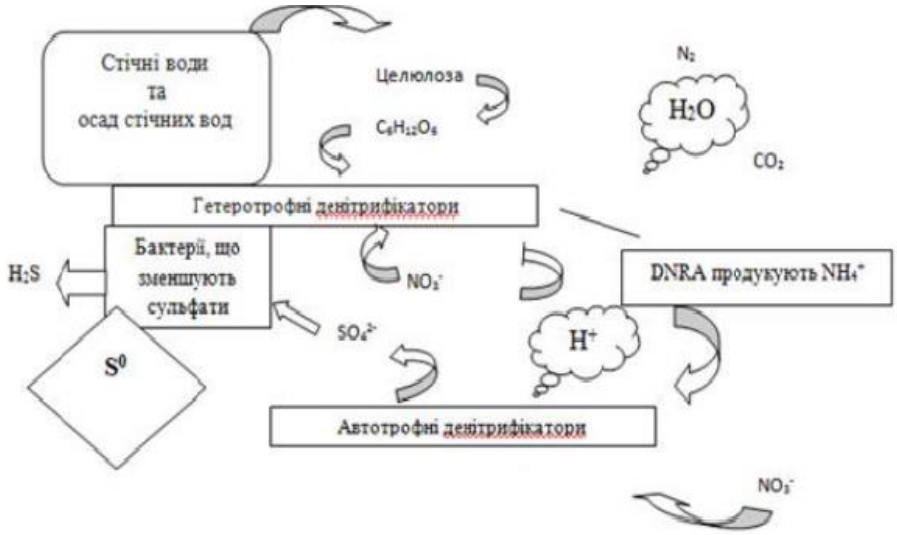


Рисунок 3.2 – Блок-схема взаємодії моделей в асоціації гетеротрофних і автотрофних денітрифікаційних бактерій у процесі очищення стічних вод та осаду стічних вод за умови наявності елементарної сірки

Відповідно до сучасних концептуалів, сірка з навколишнього середовища потрапляє в клітинну вакуолю (заповнюється добровільно) тіобактерій, у тому числі тіобактерій денітрифікаторів за рахунок дифузії і накопичується в ній як запасний матеріал. Ця сірка може оксидазувати, оскільки це може вимагатись. Швидкість окислення залежить від площі контакту сірки з бактеріальними клітинами. Це говорить про те, що на ділянці клітин бактерії є ферменти, які сприяють внесенню сірки в клітку, і під їх впливом сірка зводиться до сульфідного іону, окислення якого виникає щевнутрішньоклітинним шляхом.

Реакції енергії та синтезу автотрофної денітрифікації можна записати у

вигляді таких рівнянь.

Енергетична реакція:

$$2NO_3^- + 5H_2 \rightarrow N_2 + 4H_2O + 2OH^- \quad (3.1)$$

$$2NO_3^- + 2H^+ \rightarrow 5H_2 + N_2 + 4HO_2 \quad (3.2)$$

Синтезна реакція:

$$H_2 + 0.35NO_3^- + 0{,}35H^+ + 0{,}052CO_2 \rightarrow 0{,}17N_2 + 1{,}1H_2O + 0{,}010C_5H_7O_2N \quad (3.3)$$

Стехіометричне рівняння для скорочення нітратів, що використовують елементарну сірку, протікає наступним чином:

$$55S + 20\,CO_2 + 50NO_3 + 38\,H_2O + 4NH_4^+ \rightarrow$$
$$\rightarrow 4\,C_5H_7O_2N + 25\,N_2 + 55SO_4^{2-} + H^+ \quad (3.4)$$

Гетеротрофні денітрифікаційні бактерії утворюють електрони та протони, необхідні для перетворення нітратів з органічних сполук. Ці речовини включають вуглеводи, органічні спирти, амінокислоти та жирні кислоти. Наприклад, використання ацетату як джерела вуглеводів відбувається наступним чином:

$$5CH_3COO^- + 8NO_3^- + 3H^+ \rightarrow 10HCO_3^- + 4N_2(г) + 4H_2O \quad (3.5)$$

Тому розробка комплексної технології денітрифікації, яка використовує газоподібну сірку та біосірку як іммобілізований сорбувальний агент для бактерій денітрифікації, який слідує за техногенною утилізацією сірки та виробництвом добрив.

Таким чином, необхідно провести експериментальні дослідження ефективності використання біосульфової та газоподібної сірки в біологічних фільтрах систем денітрифікації.

3.2 Напрямки інтенсифікації процесів біохімічного очищення стоків

Серед методів очищення стічних вод від нітратів спеціальну нішу займають біологічні методи денітрифікації, які поділяються на автотрофні та гетеротрофні.

Анаеробний активний мул застосовується у багатьох дослідженнях для відновлення нітритів та нітратів у процесі денітрифікації стічних вод. Денітрифікаційні бактерії зустрічаються серед представників Acrobacterium sp. та інші, які, перебуваючи в безоксичних умовах, використовують кисень для дихання, що містяться в нітратах та нітратах замість розчиненого кисню. При цьому більшість досліджень зосереджувалися на вивченні та підвищення ефективності використання гетеротрофних бактерій-денітрафікуючих агентів, які представляють групу факультативних анаеробів. Цьому сприяє той факт, що вони присутні у стічних водах у великих кількостях і можуть використовувати забруднюючі речовини як вуглецеве джерело (метанол, етанол, оцтова кислота), значно полегшує експлуатацію конструкцій, оскільки це усуває необхідність вирощування спеціальної адаптованої мікрофлори [21]. Фільтри денітрифікації нижнього потоку працюють у традиційному режимі фільтрації і складаються з середовища та підтримують гравій, підтримуваний підпіркою. Стічна вода потрапляє в фільтр потоку, що надходить над водослипами по довжині фільтрового шару з обох боків.

Фільтр стічних вод подають з нижньої частини фільтра над контрольним перетином у свердловину. Під час процесу нітрат метаболізується до азотного газа, який стає вбудованим у фільтруюче середовище. Цикли звільнення від азоту необхідні для видалення цих акумуляторних газових пухирців, які накопичуються. Трубопровід фільтрувального фільтру і зворотної промивки аналогічний трубопроводу для звичайних фільтрів [31].

Стічна вода надходить у фільтр через вхідну трубу, а потім транспортується вниз через трубу подачі та розподільників (рис. 3.3). Вода рухається вгору через фільтрувальний матеріал, і фільтрат знімається з верхньої частини фільтра

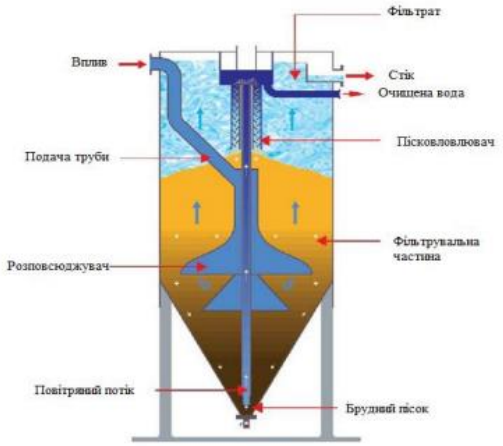


Рисунок 3.3 Безперервний фільтр зворотнього потоку.

Денітрифікація окремої стадії може бути виконана або як суспендований, або приєднаний процес росту, обидва з яких потребують зовнішнього джерела вуглецю, такого як метанол. Оскільки вони потребують великої площі та власної системи осадження і переробки осаду, окремі системи денітрифікації з підвісним зростанням не дуже поширені (рис.3.4).

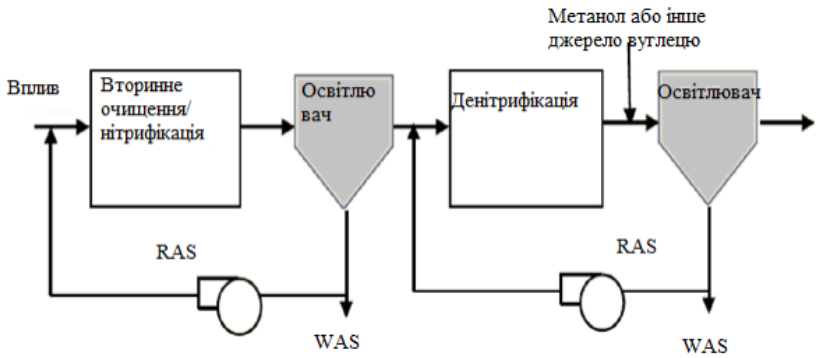


Рисунок 3.4. Процес денітрифікації підвішених рішень на окремих етапах

Фільтри денітрифікації популярні, тому що вони легкі в модернізації і потребують меншої обробки поверхні та осаду. Агрегати можна просто додати до кінця вторинного процесу очищення, який включає нітрифікацію. Фільтри для спустошення потоку потребують зворотної промивки, щоб видалити тверді речовини та газ азоту, зафіксований у фільтруючому середовищі. Фільтри висхідного потоку покривають цю проблему, якщо фільтрувальний матеріал безперервно видаляється з нижньої частини пристрою, очищується і переробляється на вершину фільтра (рис.3.5) [22, 32].

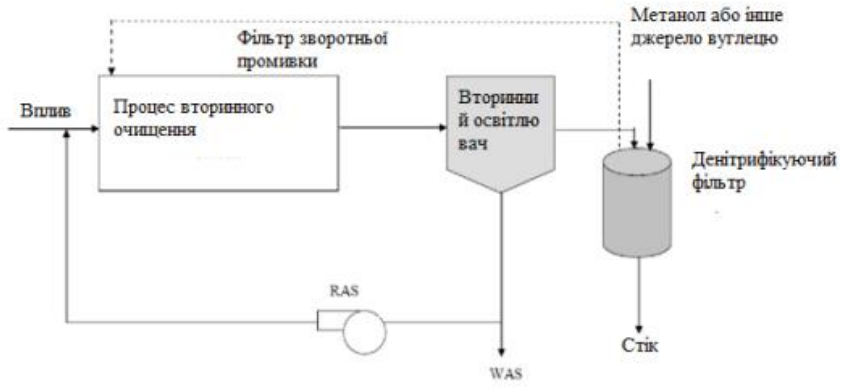


Рисунок 3.5 Процес фільтрування денітрифікацій на окремому етапі

Основні компоненти сучасних систем видалення біологічних живильних речовин безперервного активованого шламу (BNR) представлені на рис. 3.6.

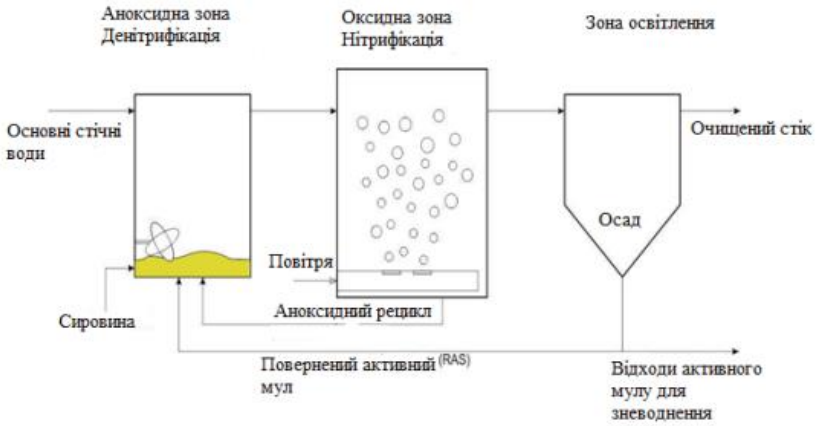


Рисунок 3.6 Системи BNR безперервного активованого шламу

Аноксичний (денітрифікаційний) басейн або зона постійно отримує кілька потоків, включаючи головне харчування багатих аміаком стічних вод з анаеробного ставкового водоймища вище. Це великий обсягом потік, що містить основну частину нового навантаження азоту на систему [23].

При автотрофній денітрифікації сірка або водень використовуються мікроорганізмами як джерело енергії.

У дослідженні використано постійно перемішуваний цистерний реактор (CSTR), здатний забезпечити адекватне джерело живлення автотрофних денітрифікаторів [24]. Як показано на рис. 3.7, анаеробний реактор з перекриттів з нерухомим шаром був побудований з акрилової трубки 2,5 дюйма з чотирма портовими зразками (вибірками). Об'єм реактора з порожнинним шаром становить 1,11 л. Розміри зерна сірки та вапняку коливаються від 2,38 мм до 4,76 мм. У цьому проекті були включені системи збору та моніторингу газу.

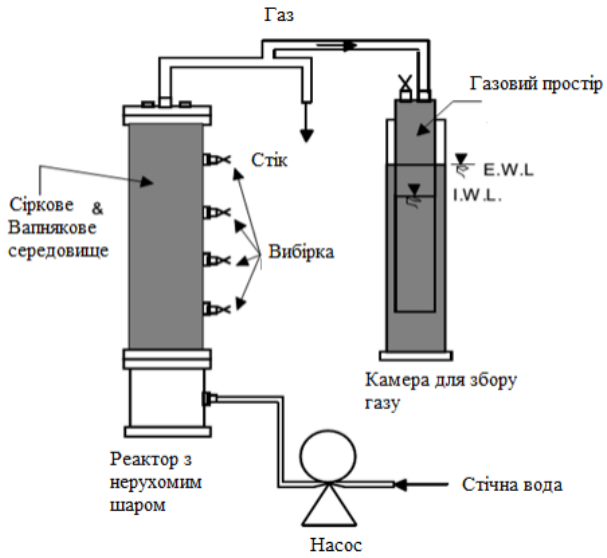


Рисунок 3.7 Реактор з колонним стовпчиком висхідного потоку

Композиція вихідного розчину для CSTR: KNO_3 3,0 г / л; $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$, 6,0 г / л; $NaHCO_3$, 1,5 г / л; Na_2HPO_4, 1,5 г / л; KH_2PO_4, 0,3 г / л; $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, 0,4 г / л; і 1 мл розчину поживних речовин на літр кормового розчину.

Однак ці методи потрібно вдосконалити. Недоліками є забруднення залишковим метанолом або сіркою, а також великий вміст мікроорганізмів у очищеній воді. Крім того, цей процес характеризується підвищеною чутливістю до температурних умов, а його швидкість зменшується у холодній воді, що ускладнює використання біологічної денітрифікації в регіонах з холодним кліматом [25].

У роботі [25] запропоновано методи окислення амонію та важкодоступної органічної речовини стічних вод у аеробно-аноксидних умовах. Для здійснення процесу одночасної автотрофної та гетеротрофної денітрифікації було побудовано реактор об'ємом 61 дм^3.

Повне утримання біомаси активного шламу проводили в реакторі, час перебування рідини становив 2,5–5 днів, доза шламу становила 1,5–2,5 г/дм^3, температура була 20– 28^{0}C, а pH – 7,5– 8,5. Концентрації азоту амонію та нітриту азоту в воді становили 0,3–8 мг / дм^3 і, відповідно, 0,2–4 мг / дм^3 (табл. 3.2) [25, 33]. Ефективність видалення азоту становила 91%–80% за рахунок процесу автотрофної денітрифікації та 11% за рахунок гетеротрофного процесу денітрифікації.

Таблиця 3.2

Склад води, отриманої для обробки та після обробки вдвох послідовних реакторах

Параметр	Сирий фільтрат	Нітривідний фільтрат	Рафінований фільтрат
N-NH_4, мг/дм^3	250–300	100–120	0,3–8
N-NO_2, мг/дм^3	–	130–150	0,2–4
N-NO_3, мг/дм^3	–	0,4–3,3	5–10
COD, мг/дм^3	150–190	60–120	60–120

У реакторі розміщено пластикове завантаження поліетилену (AnoxKaldnes K1, 30% об'єму реактора). Через деякий час при завантаженні була розроблена біоплівка, в якій розміщено до 75% біомаси мікроорганізмів. Використання цього методу призвело до стабілізації якості очищення води в реакторі в тому ж самому середньому (видалення 90–92% азоту).

Проте біологічні технології, які в даний час доступні для деградації нітратів, пов'язані з істотними недоліками, включаючи тривалий час запуску та тривалий час відновлення після вибухів системи; виробництво біологічних твердих речовин, що потребують дорогої обробки та утилізації; низька щільність організму, що вимагає великих слідів для досягнення достатньої кількості лікувальних можливостей.

Таким чином, важливим напрямом досліджень є іммобілізація активної біомаси на носіях для зменшення їх вилуговування з біореакторного простору та перенесення процесу в безперервний технологічний режим для очищення стічних вод. А також введення корму для стимуляції розвитку автотрофних груп мікроорганізмів з мінімізацією видалення поживних речовин з системи.

Розробка біокомпозитів для природних, деградуючих на нітрат організмів, які зберігаються в цих системах і ніколи не залишають біофільтр, тому що вони захищені від розмиву, надмірного розвитку, токсичності та різких змін в роботі.

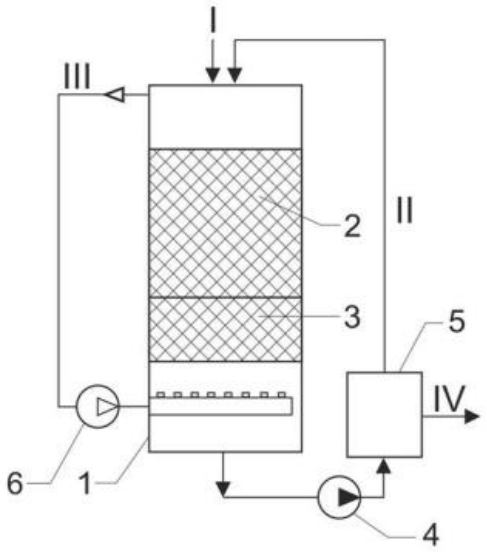
3.3 Технічне оснащення для реалізації процесу очищення стічних вод

Біофільтраційна система для проведення процесу денітрифікації стічних вод з використанням біосірки та газової сірки

Для очищення стічних вод використовується метод фільтрації в

анаеробних умовах при іммобілізації на носії з сірки автотрофних денитрифікуючих бактерій видів *Thiobacillus denitrificans* і *Thiomicrospira denitrificans*, а також можливе використання фототрофних видів – *Rhodopseudomonas sphaeroides f. denitrificans*. Ці види окислюють різні форми відновленої сірки до сульфату, при цьому відбувається відновлення нітратів і вивільнення кисню для власного метаболізму факультативних тіобактерій. Таким чином, при конверсії сірки відбувається відновлення нітратів до нітритів і в кінцевому підсумку - вивільнення молекулярного азоту.

На рис. 3.8 показано розроблене технологічне рішення для реалізації процесу денітрифікації стоків у біофільтраційних системах із завантаженням із сірки.



1 – корпус біофільтра; 2 – носій з сірки; 3 – гранули з матеріалу, що містить кальцій; 4, 6 – насос; 5 – ємність для відбору стоку;

I –вхідний потік для очищення; II – вихідний потік для рециркуляції;
III – цикл газової фази; IV – очищений потік

Рисунок 3.8 Система біологічної фільтрації

Інтенсивна внутрішня циркуляція потоку в біофільтраційній системі

стимулює зростання необхідних еколого-трофічних груп мікроорганізмів, потік стічних вод проходить крізь шар гранульованої сірки фільтруючого завантаження із розвинутою біоплівкою та в процесі біоконверсії сірки *T. denitrificans* застосовується для відновлення нітрату до молекулярного азоту. У процесі біохімічного перетворення кислотно-лужний баланс системи змінюється та виникає зміщення значень pH в кислотну сторону, тому в нижній частині біофільтра завантажується кальцій-вмістний дренажний матеріал для буферування потоку води [35, 36].

Біофільтраційна система працює наступним чином. Вхідний потік на очищення (лінія I) (стічні води) подається через отвір у верхній частині корпусу біофільтра (1). Далі потік рухається вниз вздовж фільтруючого завантаження у проточному режимі. Як фільтруюче завантаження використовується носій із сірки (2) зі штучно іммобілізованими бактеріями-денітрифікаторами, які використовують сірку як джерело живлення. Відбувається розвиток біоплівки на носії із сірки (2) та за рахунок розвинутої поверхні завантаження здійснюється вилучення нітросполук із вихідного потоку. У подальшому під дією сил тяжіння потік проходить через завантаження з гранул, що містять сполуки кальцію (3) для підвищення pH очищеної води. Профільтрована вода збирається в нижній частині біофільтра і по трубопроводу за допомогою насосу (4) подається до ємності для відбору стоку (5).

У процесі очищення утворена газова фаза лінією III за допомогою насосу (6) подається в нижню частину корпусу біореактору (1) через перфоровану трубу.

Очищений потік відводиться із системи (лінія IV) споживачам або може скидатися у водойму. Вихідний потік може подаватися на рециркуляцію (лінія II).

Для здійснення процесу очищення пропонується співвідношення основних компонентів суміші фільтраційного матеріалу для заповнення

біофільтра: 2/3 гранульованої сірки та 1/3 гранул (діаметром 10 мм) з матеріалом, що містить кальцій.

Якісною ознакою використання сірки є збільшення порогового простору всередині сірчаних гранул у процесі споживання сірки мікроорганізмами. Через 2-3 доби після іммобілізації і початку експлуатації біофільтра присутність потрібних еколог-трофічних груп бактерій при його роботі проявляється, коли газові бульбашки починають формуватися в проміжках між фільтруючим завантаженням з гранульованої сірки. Прогнозовано через 12-14 діб в системі повинна функціонувати стійка біоплівка з розвиненим бактеріальним матриксом, яка поширюється по всьому об'єму носія з сірки. Для контролю ефективності очищення здійснюється моніторинг рівня нітратів в ppm або мг/дм^3 в стічній воді до і після проходження біофільтраційної системи.

Розрахунок біофільтра

Даний біофільтр відноситься до високонавантажених. Розрахунок проводимо згідно з СНІП 2.04.03-85.

1) Визначаємо коефіцієнт k, який в подальшому дозволить визначити гідравлічне навантаження.

$$k = \frac{L1}{L2} \qquad (3.6)$$

де, L_1 – БПК$_5$ стічних вод, які поступають на очищення;

$L2$ – БПК$_5$ очищенних стічних вод.

Отже, $k = \frac{15}{15} = 1$

2) Визначаємо значення H, q та $B_{уд}$ по середній температурі стічних вод в холодний період року та знайденому значенню k. Використовуємо додаток Б.

Отже, при T =14 ^{0}C та значенні k=10,5 маємо такі значення:

- q = 20 м^3/ (м^2·добу);
- H = 4 м;
- $В_{уд}$=10 м^3/м^3
- Визначаємо площу біофільтрів, м^2 при роботі без рециркуляції:

$$S = Q/q \qquad (3.7)$$

де, Q – витрата стічних вод, м^3/добу;

q – гідравлічне навантаження, м^3/(м^2·добу).

Отже, S = 40000/20 = 2000 м^2

Розраховуємо об’єм фільтрувального завантаженя:

$$W = S = 2000/4 = 500 \text{ м}^2 \qquad (3.8)$$

Визначаємо ефективність роботи даного біофільтра:

$$E = \frac{Len' - Lex}{L_{en}} \cdot 100\% \qquad (3.9)$$

Len'= Len –0,2* Len =157,31–0,2*157,31 мг/л

Ефективність роботи біофільтра становить:

$$E = \frac{125,85-15}{125,85} \cdot 100\% = 88\%$$

Отже, провівши розрахунок біофільтра, було визначено ефективність його роботи, яка становить 88%, та об’єм фільтрувального завантаження – 500 м^2, відповідно, при цьому необхідна маса газової сірки становить 980 тон (при щільності 1960 кг/м^3).

Розрахувавши даний біофільтр, було визначено ефективність роботи, яка становить 88% та об’єм фільтрувального завантаження – 500 м^2, відповідно, при

цьому необхідна маса газової сірки становить 980 тон (при щільності 1960 кг/м^3)

РОЗДІЛ 4
ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНИХ ЗБИТКІВ ПРИ ВПРОВАДЖЕННІ НОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Одним з основних показників економіко-екологічних оцінок є економічний збиток, завданий народному господарству забрудненням навколишнього середовища, і зокрема забруднення водних об’єктів.

Найбільш прогресивним напрямом захисту водойм від забруднення визнане максимальне зниження концентрацій шкідливих речовин шляхом удосконалення технологічних процесів очищення при мінімальних витратах і поліпшених показниках. На сьогодні це дуже актуально, адже будівництво додаткових очисних споруд проблематично через умови забудови й дефіциту площ, а також через відсутність необхідного фінансування.

Таким чином, предметом економічної оцінки об'єкта природокористування є його суспільна споживча вартість як просторового базису розміщення виробництва, засобу виробництва і предмета праці, коморою корисних копалин та сировини, джерела води і біологічних ресурсів.

Економічний розрахунок дипломного проекту складається з наступних етапів:

1. Оцінки вартості витрат на проведення природоохоронних заходів (В).
2. Оцінки річного еколого-економічного ефекту від проведенняприродоохоронних заходів (Е).
3. Оцінки терміну окупності витрат на проведення природоохоронногозаходу.

Оцінка вартості витрат на проведення природоохоронних заходів

Витрати на проведення природоохоронних заходів (В) розраховуються за формулою:

$$B = K + C, \qquad (4.1)$$

де К – капітальні витрати на проведення природоохорнного заходу, грн.С – поточні річні витрати на проведення природоохоронних заходів.

Вартість 1 біофільтра:

1) Капітальні витрати К:

- вартість матеріалів для виготовлення корпусу біофільтра тамонтажних робіт – 90 000 грн;
- вартість завантаження – 2090 грн/т, відповідно отримуємо за980т = 2048200 грн;

Разом 2138200 грн.

2) Експлуатаційні витрати:

- Чистка біофільтра – 1300 грн./міс., тоді річні витрати складають15600 грн./рік

Тоді витрати на проведення природоохоронних заходів складуть: В=К+С=2138200 + 15600=2153800 грн.

Еколого-економічний ефект від проведення природоохороннихзаходів

Еколого-економічний ефект від проведення природоохоронних заходів (Е) розраховується за формулою:

$$E = E_n + E_з, \qquad (4.2)$$

де Еп – це еколого-економічний ефект за рахунок економії на сплаті економічного податку в результаті зменшення викидів в навколишнє середовище після проведення природоохоронних заходів. Еп розраховується як різниця між розміром екологічного податку до проведення природоохоронного заходу (Еп1) та розміром екологічного податку після проведення природоохоронного заходу (Еп2), тобто Еп=Еп1-Еп2, грн.

Ез – це еколого-економічний ефект за рахунок зменшення еколого-економічного збитку. Ез розраховується як різниця між розміром збитку до проведення природоохоронного заходу (Ез1) та розміром збитку після

проведення природоохоронного заходу (Ез2), тобто Ез=Ез1-Ез2 , грн.

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

$$П_с = \sum^{n}_{i=1}(Млі \cdot Н_{пі} \cdot К_{ос}) \qquad (4.3)$$

де Млі – обсяг скиду і-тої забруднюючої речовини, в тоннах (т);

Нпі – ставки податку в поточному році за тонну і-того виду забруднюючої речовини, у гривнях з копійками

Кос – коефіцієнт, що дорівнює 1,5 і застосовується у разі скидання забруднюючих речовин у ставки і озера (у іншому випадку коефіцієнт дорівнює 1);

$Е_{П1}$=(2,8·802·1)+(0,2·393· 1)+(0,1 ·69·1) = 2245,6+787,8+6,9=3040,30грн

Далі розраховуємо суму податку після впровадження біофільтра (вважаємо що ефективність його роботи становить 88%).

$Е_{П2}$ = (2,4·802·1) + (0,1·3939·1) +(0,08·69·1) = 1924,8+393,9+5,52 =2324,22 грн.

Отже, Еп=Еп1–Еп2 = 3040,30-2324,22=716,08 (грн.)

Еколого-економічний збиток від забруднення навколишнього середовища(З)розраховується як сума збитків :

- Атмосфері (*За*)
- Водним ресурсам (*Зв)*

Земельним ресурсам (*Зз*)

Тобто $З = За + Зв + Зз$ (4.4)

В нашому випадку скид стічних вод з високим вмістом біогенних елементів приносить збиток лише водним ресурсам.

Розрахунок маси наднормативного скиду забруднюючої речовини у

водний об’єкт зі зворотними водами внаслідок перевищення встановленого нормативу ГДС здійснюється за формулою:

$$M_i = C_{iф} \cdot C_i \cdot Q_{iф} \cdot 10^{-6} \qquad (4.5)$$

Де M_i – маса наднормативного скиду і-ї забруднюючої речовини уводний об’єкт зі зворотними водами, т;

$C_{iф}$ – середня фактична концентрація і-ї забруднюючої речовини у зворотних водах, г/м^3;

$C_{iд}$ – значення затвердженого нормативу ГДС і- тої забруднюючої речовини, г/м^3;

$Q_{iф}$ – фактичні витрати зворотних вод, м^3/год;

t –тривалість скидання зворотних вод з порушенням нормативів ГДС, год;

10^{-6} – коефіцієнт перерахування маси забруднюючих речовин.

$M_{амонійного\ азоту} = (70\text{-}30) \cdot 1666 \cdot 24 \cdot 10^{-6} = 1{,}6$ т

$M_{нітритів} = (6\text{-}3{,}3) \cdot 1666 \cdot 24 \cdot 10^{-6} = 0{,}1$ т.

Розрахунок розмірів відшкодування збитків, заподіяних водним об’єктам (крім морських вод) внаслідок скидів забруднюючих речовин зі зворотними водами з перевищенням встановленого нормативу ГДС, грн, здійснюється за формулою:

$$З = K_{кат} \cdot K_р \cdot k_з \ (M_{i\,1} + M_{i\,2} + M_{im}) \ \gamma_i \qquad (4.6)$$

де $K_{кат}$ – коефіцієнт, що враховує категорію водного об’єкта;

$K_Р$ – регіональний коефіцієнт дефіцитності водних ресурсів поверхневих вод;

$k_з = 1{,}5$ – коефіцієнт ураженості водної екосистеми;

m – кількість забруднюючих речовин у зворотних водах;

M_i – маса наднормативного скиду і-ї забруднюючої речовини у водний об’єкт зі зворотними водами, т;

γ_i – питомий економічний збиток від забруднення водних ресурсів,

віднесений до 1 тонни умовної забруднюючої речовини, грн/т, який визначається за формулою:

$$\gamma_i = \gamma * A_i , \qquad (4.7)$$

де γ – проіндексований питомий економічний збиток від забруднення водних ресурсів у поточному році, 57рн./т, який визначається за формулою:

$$\gamma = \gamma_П \cdot I/100 \qquad (4.8)$$

де $\gamma_П$ – проіндексований питомий економічний збиток від забруднення водних ресурсів у попередньому році, грн/т;

I – індекс інфляції (індекс споживчих цін**),** середньорічний темпзростання за попередній рік, %;

A_i – безрозмірний показник відносної небезпечності і-ї забруднюючої речовини, який визначається із співвідношення за формулою:

$$A_i = 1/ ГДК_i , \qquad (4.9)$$

де $ГДК_i$ – безрозмірна величина, чисельно рівна $ГДК_i$ забруднюючої речовини у воді водного об’єкта відповідної категорії.

Для речовин з ГДК рівною одиниці і більше в чисельнику вводиться поправний коефіцієнт 10 (A_i = 10/ГДК).

Для речовин, за якими відсутня величина граничнодопустимої концентрації, показник відносної небезпечності A_i приймається рівним 500, а при ГДК „відсутність” – 10000.

Базовий проіндексований питомий економічний збиток від забруднення водних ресурсів, віднесений до 1 тонни умовної забруднюючої речовини дорівнює: γ = 500 грн/т.

$E_{З1}$=1,68 · 1,10 · 1,5 · (1,6+0,1) · 187,8=884,98

Далі розраховуємо розмір відшкодування збитків після впровадження біофільтра.

$Е_{з2}$ = 1,68+1,10+1,5 · (1,2+0,07) · 187,8=661,13

Отже, Ез=Ез1-Ез2=884,98–661,13=223,85

Еколого-економічний ефект від проведення природоохоронних заходів становить:

Е = 716,08+223,85=939,93 (грн./рік)

Виробництва фунгіциду пролонгованої дії (відпрацьоване завантаження із сірки разом з органічною компонентою лізису бактеріальних клітин): 80 т/рік, виходячи із вартості препаратів аналогів мінімальна ціна реалізації за 1 кг – 15 грн. Відповідно очікуваний річний прибуток становить: П=80·15·1000=1200000 грн/рік.

Термін окупності витрат на проведення природоохоронного заходу складе

Т=В/(Е+П)=2153800/1200939,93 =1,79 р.

Таблиця 4.1

Оцінка терміну окупності витрат на проведення природоохоронного заходу

№	Показник	Одиниця виміру	Значення
1	Збиток до проведення природоохоронного заходу	грн	884,98
2	Збиток після проведення природо-охоронного заходу	грн	661,13
3	Попереджений збиток	грн	223,85
4	Експлуатаційні витрати	грн	15600
5	Капітальні витрати	грн	2138200
6	Очікуваний прибуток	грн	1200000
7	Термін окупності	роки	1,8

ВИСНОВКИ

1. Досліджено фізико-хімічні характеристики стічних вод, що поступають на очищення на міські очисні споруди. У неочищених міських стічних водах концентрація амонійного азоту становить 8,8-70 мг/дм^3, нітритів 0,08–0,6 мг/дм^3 і нітратів 0,6–3 мг/дм^3. Гранично допустимі концентрації становлять відповідно 30, 0 мг/дм^3, 3,3 мг/дм^3 і 45,0 мг/дм^3. Екологічна небезпека неорганічних сполук азоту надзвичайно відрізняється: найбільш токсичними є нітрити, найбільш безпечними – нітрати, середнє положення займає амоній, що відображає гранично- допустимі концентрації (ГДК) для скидання цих азотвміщуючих сполук в природні водоймища.

2. Здійснено аналіз існуючих технологій очищення стічних вод від біогенних елементів. На сьогодні відомі фізичні, фізико-хімічні, електрохімічні та біологічні методи видалення біогенних елементів зі стічної рідини. Одним з основних є біологічний метод, який ґрунтується на процесах, що полягають у окислюванні нітрифікуючими бактеріями амонійного азоту до нітратів (нітрифікація) і наступного їх відновлення денітрифікуючими бактеріями до газоподібного азоту (денітрифікація).

3. Було розроблено технологічне рішення для підвищення якості очищення стічних вод від біогенних елементів. Цим рішенням є біофільтраційна система для проведення процесу денітрифікації стічних вод з використанням біосірки та газової сірки. При розрахунку біофільтра було визначено ефективність роботи, яка становить 88% та об’єм фільтрувального завантаження – 500 м^2, відповідно, при цьому необхідна маса газової сірки становить 980 тон (при щільності 1960 кг/м^3).

4. Оцінено з економічної точки зору дане технологічне рішення. Витрати на встановлення біофільтра становлять 2153800 грн. Очікуваний річний прибуток становить 1200000 грн/рік. Термін окупності даного біофільтра

становить 1,8 роки.

Отже, результати цієї роботи можуть доповнити наявну інформацію про методи очищення стічних вод від біогенних елементів та бути використані у розробці заходів, спрямованих на модернізацію технологічних процесів очищення стічних вод на міських очисних спорудах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Plyatsuk L. D. Sulfur utilization in the systems of biological wastwater denitrification. Journal of Engineering Sciences. Sumy : Sumy State University, 2018. Volume 5, Issue 1. P. H7-H15.

2. Очищення води від біогенних елементів шляхом використання шунгіту і кременю. [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/16134/1/184.pdf

3. Жмур Н. С. Технологічні і біохімічні процеси очищення стічної води на спорудах з аеротенками. М.: АКВАРОС, 2003. – 512 с.

4. Айрапетян Т. С. Конспект лекцій з дисципліни «Спецкурс з очистки стічних вод» (для студентів 5 курсу денної форми навчання та слухачів другої вищої освіти спеціальностей 7.092601, 7.06010108, 8.06010108 – «Водопостачання та водовідведення», 8.06010302 – «Раціональне використання і охорона водних ресурсів»). Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Х.: ХНУМГ, 2014. 90 с.

5. Нікора В. И. Річковий потік як дисипативна система // Метеорологія та гідрологія. 1981. № 12. С. 84–88.

6. Полинов Б. Б. Географічні роботи. Київ:, 1952. – 400 с.

7. Воронков П.П. Гідрохімічні основи виділення місцевого стоку та методи розчленування його гідрографу. Метеорологія та гідрологія. 1963. №8. С. 21–28

8. Пат. 103687 U Україна, МПК B03C 1/025 (2006.01). Спосіб магнітної сепарації рідинних або пилогазових продуктів та сепаратор магнітний для його здійснення / В. М. Арсенюк, А. А. Лозін (Україна); заявник та патентовласник Лозін Андрій Афонійович. № a200909004; заявл. 31.08.2009; опубл. 25.07.2011, бюл №14 (Патент на винахід).

9. Пат. 75630 U Україна, МПК C02F 1/58 (2006.01). Спосіб очистки стічних вод від сполук фосфору / О. Р. Очеретнюк, А. В. Іванченко, І. Ю.

Корогодін (Україна); заявник та патентовласник Дніпродзерджинський державний технічний ун-т. № u201506324; заявл. 26.06.2015; опубл. 25.12.2015, бюл №24 (Патент на корисну модель).

10. Пат. 100343 U Україна, МПК C02F 1/46 (2006.01). Електрохімічний реактор для очищення стічних вод / Р. М. Россінський, В. М. Россінський (Україна); заявник та патентовласник Національний університет водного господарства та природокористування. № u201500099; заявл. 06.01.2015; опубл. 27.07.2015, бюл №14 (Патент на корисну модель).

11. Пат. 69354 U Україна, МПК C02F 1/28 (2006.01), C02F 3/30 (2006.01). Спосіб очищення стічних вод від амонійного азоту / А. М. Мальований, Й. Й. Ятчишин, М. С. Мальований (Україна); заявник та патентовласник Національний університет «Львівська Політехніка». – № u201112243; заявл. 19.10.2011; опубл. 25.04.2012, бюл №8 (Патент на корисну модель).

12. Пляцук Л. Д. Встановлення сероводороди в системі біодеструкції з потенційним гранульованим фосфогіпсом. Євразійський хіміко-технологічний журнал. 2016. С.47–54.

13. Біосульфур. [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.paqell.com/thiopaq/biosulphur/

14. Кіотська енциклопедія генів та геномів KEGG. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.genome.jp/kegg/

15. Технічна сірка. [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://mnpz.by/products/sera-tekhnicheckaya

16. Борових Є. П. Процеси денітрифікації в біологічному очищенні стічних вод та методика розробок. Процес деніфікації в біологічному очищенні стічних вод та методика розрахунку. Вода: Хімія та екологія. 2011. С.85–89.

17. Томас Л. Використання метанолу при денітрифікації стічних вод. Використання білого паперу метанолу в дентифікації стічних вод. Олександрія,

2012. 124 с.

18. Інформаційний бюлетень видалення азоту. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.ampc.com.au/uploads/cgblog/id338/6

19. Гавриленко А. Б. Комплексна очистка стокових вод від нітратів [Комплексна очистка стічних вод від нітратів]. Бюлетень наукових та практичних наук. 2010. С.42–46.

20. Закон України «Про охорону праці»

21. Небезпечні та шкідливі виробничі фактори. Класифікація. Система стандартів безпеки праці. [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://vsegost.com/Catalog/41/41131.shtml.

22. Правила улаштування електроустановок ПУЕ-85. [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://tehdoc.ru.

23. Технологічний регламент по експлуатації каналізаційних очисних споруд. Селидово, 2012. –35 с.

24. Жидецький В. Ц. Практикум із охорони праці. Львів: Афіша, 2000. 352 с..

25. Манцев А.И. Очищення стічних вод флотацією. К.: Будивельник, 1976. 132с.

26. Романенко В. Д. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. К.:СИМВОЛ-Т,2009.28с.

27. Руденко Л.Р. Методика картографування екологічного стану поверхневих вод України за якістю води -К.:СИМВОЛ-Т, 2008. 48с.

28. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні.1996. К.:Вид-во Раєвського,1998.96с.

29. Новиков Ю.В. Методи дослідження якості води водоймищ.-М.:Медицина,1990. 358с.

30. Овруцький В.М., Шумецко В.М., Глуховський І.В. Екологічна

токсикологія.Київ: «Столиця»,1998.114с.

31. Романенко В.Д.Основи гідроекології. Вид-во «Обереги»,2001.-728с.

32. Сухарев С.М.,Чундак С.Ю.,Сухарева О.Ю.Технологія та охорона навколишнього середовища. Навч. пос. Львів. «Новий світ-2000»,2004.-256с.

33. Тихий В., Яроват Л. Нормативні та практичні аспекти виконання оцінки впливу на навколишнє середовище.К.:Веселка,2002.150с.

34. Білецький В. Технологія переробки залізовмісних відходів металообробної промисловості. Нові технології та обладнання по переробці промислових та побутових від-ходів і їх медико-екологічне забезпечення: тр. II наук.-техн. конф., смт. Східниця, 17–20 лют. 2003 р. К., 2003. С.35–37.

35. Тільман Л.,Ковальчук О.Екологія Львівщини. Бюлетень. Держуправління екобезпеки у Львівській області.-Львів,2013.92с.

36. Царенко О.М., Нєсветов О.О., Кадацький Н.О.Основи екології та економіка природокористування: Навч.посіб.-2-ге вид. Суми: ВТД «Університетська книга»,2004.400с.(286-298).

ДОДАТКИ

Додаток Б

Параметри розрахунку високонавантажувальнихбіофільтрів [26].

Питомий об'єм повітря, яке подається $B_{уд}$, $м^3/м^3$	Висота біофільтра H, м	Значення k,при середній температурі стічної води в холодний період T, ^0C											
		8			10			12			14		
		Гідравлічне навантаження q, $м^3/(м^2*добу)$											
8	2	3,02	2,32	2,04	3,38	2,5	2,18	3,76	2,74	2,36	4,3	3,02	2,56
	3	5,25	3,53	2,89	6,2	3,96	3,22	7,32	4,64	3,62	8,95	5,25	4,09
	4	9,05	5,37	4,14	10,4	6,25	4,73	11,2	7,54	5,56	12,1	9,05	6,54
10	2	3,69	2,89	2,58	4,08	3,11	2,76	4,5	3,36	2,93	5,09	3,67	3,16
	3	6,1	4,24	3,56	7,08	4,74	3,94	8,23	5,31	4,36	9,9	6,04	4,84
	4	10,1	6,23	4,9	12,3	7,18	5,68	15,1	8,45	6,88	16,4	10	7,42
12	2	4,32	3,38	3,01	4,76	3,72	3,28	5,31	3,98	3,44	5,97	4,31	3,7
	3	7,25	5,01	4,18	8,35	5,55	4,78	9,9	6,35	5,14	11,7	7,2	5,72
	4	12	7,35	6,83	14,8	8,5	6,92	18,4	10,4	7,69	23,1	12	8,83