

Міністерство освіти і науки України
Рівненський державний гуманітарний університет
Кафедра біології, здоров'я людини та фізичної терапії

УДК 574.63 : 628.35

Кваліфікаційна робота
за освітнім рівнем - магістр
на тему:

**Біологічно активний мул в процесі очистки
стічних вод**

Виконала:

магістрантка 2 курсу, групи МБ-61
заочна форма навчання
спеціальності 091 «Біологія»
Нечай Катерина Володимирівна

Науковий керівник:

Канд.геогр. наук, професор кафедри
природничих наук з методиками
навчання
Мельник Віра Йосипівна

Рівне – 2020

Реферат

Кваліфікаційна (магістерська) робота «Біологічно активний мул в процесі очистки стічних вод» представлена на 67 сторінках. Робота складається із вступу, трьох розділів, висновків, списку літературних джерел і додатків. Для написання роботи використано 45 літературних джерел. В роботі наведено 2 таблиці, 40 рисунків і 1 додаток.

Кваліфікаційна (магістерська) робота присвячена вивченню проблеми очистки стічних вод і участі в цьому процесі індикаторних організмів.

У першому розділі роботи охарактеризована природна біологічна очистка та самоочистка в водоймах. Наведені дані роботи технологій очисних споруд природної та штучної біологічної очистки, розглянуто питання процесу біологічної очистки стічних вод в аеротенках.

В другому розділі роботи визначені об'єкт і предмет дослідження, дана характеристика індикаторних організмів біоценозу активного мулу та методів контролю біологічної очистки стічних вод.

Третій розділ присвячений вивченню способів вирощування активного мулу, фаз розвитку мікроорганізмів в активному мулі, характеристики активного мулу очисних споруд біологічної очистки стічних вод та наведена оцінка роботи очисних споруд біологічної очистки «Рівнеоблводоканал» за індикаторними організмами.

В процесі досліджень було з'ясовано, що об'єм активного мулу становив $807 \text{ см}^3/\text{л}$; його концентрація – $218,1 \text{ см}^3/\text{г}$. Мікроскопія мазків активного мулу свідчить, що хлопок мулу дрібний, розмитий, біоценоз з незначним кількісним складом, проте видовий склад різноманітний, організми пригнічені, багато нитчастих бактерій. Активний мул перенавантажений, процеси органічного окислення забруднюючих речовин та нітрифікації проходить не в повній мірі. Ефективність очистки забруднюючих речовин від 41,6 до 87,2%, при незначних концентраціях цих речовин на вході в аеротенк, тобто очисні споруди „Рівнеоблводоканалу” працюють неефективно.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. БІОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ І РОЛЬ У НИХ ІНДИКАТОРНИХ ОРГАНІЗМІВ	
1.1. Біологічні процеси в природі	7
1.1.1. Природна біологічна очистка	8
1.1.2. Самоочистка в водоймах	9
1.1.3. Очисні споруди природної біологічної очистки	11
1.2. Штучна біологічна очистка	14
1.2.1. Очисні споруди штучної біологічної очистки	16
1.2.2. Процес біологічної очистки в аеротенках	18
РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ	
2.1. Індикаторні організми біоценозу активного мулу	26
2.2. Об'єкт, предмет і методи досліджень	41
2.3. Методи контролю біологічної очистки стічних вод	41
РОЗДІЛ 3. БІОЛОГІЧНІ ІНДИКАТОРИ АКТИВНОГО МУЛУ	
3.1. Способи вирощування активного мулу	44
3.2. Фази розвитку мікроорганізмів в активному мулі	46
3.3. Характеристики активного мулу очисних споруд	47
3.4. Оцінка роботи очисних споруд біологічної очистки «Рівнеоблводоканал» за індикаторними організмами	51
ВИСНОВКИ	56
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	57
ДОДАТОК	62

ВСТУП

Вода - найцінніший природний ресурс. Вона відіграє виняткову роль у процесах обміну речовин, що становлять основу життя. Величезне значення вода має в промисловому й сільськогосподарському виробництві. Загальновідома необхідність її для побутових потреб людини, всіх рослин і тварин. Для багатьох живих істот вона служить середовищем перебування.

Ріст міст, бурхливий розвиток промисловості, інтенсифікація сільського господарства, значне розширення площ зрошуваних земель, поліпшення культурно-побутових умов і ряд інших факторів усе більше ускладнює проблеми забезпечення водою.

Потреби у воді величезні й щорічно зростають. Щорічна витрата води на земній кулі по всіх видах водопостачання становить 3300-3500 км³. При цьому 70% усього водоспоживання використовується в сільському господарстві.

Багато води споживають хімічна й целюлозно-паперова промисловість, чорна й кольорова металургія. Розвиток енергетики також призводить до різкого збільшення потреби у воді. Значна кількість води витрачається для потреб галузі тваринництва, на побутові потреби населення. Більша частина води після її використання для господарсько-побутових потреб повертається в річки у вигляді стічних вод.

Дефіцит прісної води стає світовою проблемою. Зростаючі потреби промисловості й сільського господарства у воді змушують всі країни, вчених світу шукати різноманітні засоби для вирішення цієї проблеми [45].

На сучасному етапі визначаються такі напрямки раціонального використання водних ресурсів: розширене відтворення ресурсів прісних вод; розробка нових технологічних процесів, що дозволяють запобігти забрудненню водойм і звести до мінімуму споживання свіжої води [15, 28, 36].

У річках відбувається природний процес самоочищення води. Однак він протікає повільно. Поки скиди промислових і побутових вод були незначними, річки самі справлялися з їх очисткою. Проте, індустріальне століття характеризується різким збільшенням поступлення стічних вод в водойми, які

вже не справляються з настільки значними забрудненнями [42]. Виникла нагальна необхідність знешкоджувати, очищати стічні води. Отже, **актуальність** вибраної теми є безперечною.

Мета роботи - визначення ефективності роботи очисних споруд за індикаторними організмами.

Мета в роботі реалізується вирішенням наступних **завдань**:

- вивченням біологічних процесів в природі;
- дослідженням процесів штучної біологічної очистки в аеротенках;
- вивченням видового складу біоценозу активного мулу;
- дослідженням ефективності роботи очисних споруд за індикаторними організмами.

Об'єктом досліджень даної роботи є очисні споруди біологічної очистки «Рівнеоблводоканал».

Предмет дослідження: індикаторні організми активного мулу, як показники роботи очисних споруд.

Матеріали і методи дослідження: В роботі використані теоретичні (вивчення літературних джерел, аналіз та узагальнення лабораторних даних), аналітичні (обробка даних хімічного аналізу якості стічних вод) та бактеріологічні методи досліджень. Вихідними даними для виконання досліджень є наукова література, дослідження лабораторій очисних споруд «Рівнеоблводоканал» та власні бактеріологічні дослідження.

Наукова новизна. Продовжені дослідження проблеми очистки стічних вод на очисних спорудах біологічної очистки м. Рівне.

Практичне значення роботи: Робота має інформаційне значення. Розв'язання даної проблеми дозволить вирішити питання інтенсифікації роботи очисних споруд біологічної очистки, дані можуть бути використанні для інформування населення про скиди стічних вод в річки Горинь та Устю.

Особистий внесок полягає в: розробленні програми досліджень, проведенні аналізу наукової літератури по темі роботи, виконанні відбору проб води на хімічний аналіз та активного мулу на бактеріологічне дослідження; проведенні мікроскопії активного мулу, узагальненні даних лабораторних досліджень, формулюванні висновків.

Апробація результатів. Наукові положення кваліфікаційної (магістерської) роботи апробовані на VI Всеукраїнській науково-технічній конференції «Актуальні проблеми науково-промислового комплексу регіонів» (м. Рубіжне, 13 – 17 квітня 2020 р.).

Публікації. За результатами дослідження опубліковані тези доповіді «Біоценоз активного мулу очисних споруд «Рівнеоблводоканал» у матеріалах конференції.

Структура і обсяг роботи. Кваліфікаційна (магістерська) робота складається зі вступу, 3 розділів, висновків, списку використаної літератури та 2 додатків. Кваліфікаційна (магістерська) робота містить 67 сторінок. Список використаної літератури налічує 45 джерел. В роботі наведено 2 таблиці, 40 рисунків і 1 додаток.

РОЗДІЛ 1. БІОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ І РОЛЬ У НИХ ІНДИКАТОРНИХ ОРГАНІЗМІВ

1.1. Біологічні процеси в природі

Одна з головних причин забруднення водної оболонки Землі, що приводить до дефіциту чистої прісної води, - скидання в поверхневі водойми неочищеної або недостатньо очищеної води, що містить значну кількість забруднюючих речовин.

Забруднення водного середовища - це надходження рідких, твердих, газоподібних речовин, біологічних агентів, в концентраціях, що перевищують природний для даної екосистеми рівень [3, 4, 33].

В результаті антропогенного впливу гідросфера забруднюється, а погіршення якості води може бути наслідком життєдіяльності мікроорганізмів, що її населяють.

Біологічне забруднення спричинене мікроорганізмами і органічними речовинами. Головне джерело біологічного забруднення поверхневих вод суші та прибережних морських вод - комунально-побутові стоки: скиди каналізаційних стічних вод, стічні води підприємств харчової промисловості (бойні, м'ясокомбінати, молочні заводи тощо), целюлозно-паперової та хімічної промисловості, а в сільській місцевості - стоки великих тваринницьких комплексів [5].

Біохімічне споживання кисню (БСК) - показник забруднення органічними речовинами; показує яку кількість кисню потрібно мікроорганізмам для переробки органічної речовини у неорганічні сполуки протягом відповідного часу. Вміст розчиненого кисню обернено пропорційний БСК (питна вода повинна містити не менше 4 мг розчиненого O_2 на 1 $дм^3$).

Хімічне забруднення зумовлене надходженням в поверхневі води різних токсичних речовин, основними джерелами яких є хімічні виробництва, підприємства кольорової металургії, нафтопереробної промисловості, а також екстенсивне сільське господарство. Крім прямих скидів стічних вод необхідно враховувати можливість забруднення поверхневих вод під час взаємодії з

іншими природними середовищами (атмосферою та літосферою). Інтенсивно забруднюють поверхневі води целюлозно-паперова і нафтопереробна промисловості, у стічних водах яких містяться нафтопродукти, феноли, складні органічні сполуки, хлор та ін. Наявність нафтопродуктів у воді знижує здатність водних об'єктів до самоочищення. Завислі і розчинені нафтопродукти розкладаються не скоріше, ніж за 100 - 150 днів і призводять до порушення природних біологічних процесів у водному середовищі [28].

Фізичне забруднення поверхневих вод обумовлене скидом у них термальних вод і радіоактивних речовин. Теплове забруднення пов'язане з тим, що вода, яка використовується для охолоджень, скидається в водойму. Внесок у теплове забруднення додають цукрозаводи та атомні електростанції [5, 42].

Забруднюючі речовини у водні об'єкти надходять різними шляхами, а саме: із стічними водами населених пунктів, промислових і сільськогосподарських підприємств; з дощовими і талими водами в результаті змиву забруднюючих речовин з поверхні ґрунту, нафтопродуктів, добрив, отрутохімікатів тощо; від водного транспорту; з атмосферними опадами, в яких містяться забруднюючі речовини.

За походженням стічні води поділяються на:

- 1) господарська-побутові;
- 2) промислові;
- 3) поверхневий стік підприємств і населених пунктів;
- 4) сільськогосподарські;
- 5) рудникові і шахтні води.

Кожна стічна вода має свій специфічний склад [19].

1.1.1. Природна біологічна очистка

Вода входить у великій або малій кількості до складу всього живого і будь-який живий організм не може існувати без неї.

Вода - найбільш поширена на Землі хімічна сполука. Організм людини вміщує близько 65% води, риби - близько 80, водоростей - 95-99, рослин суші - 50-75% [18].

Січні води - це використані населенням і промисловими підприємствами води, забруднені різними домішками [42]. Показниками забруднення є каламутність води, вміст зважених частинок, вміст розчинених речовин, кислотність, розчинений кисень, амоній, нітриди, нітрати тощо.

Скинуті в природні водойми січні води, згубно діють на живі організми та значно погіршують гідрохімічний режим, ці води необхідно очищати [8].

Неочищені або недостатньо очищені січні води, потрапляючи в природні водойми, призводять до зміни фізичного й хімічного складу їхніх вод, забруднюють їх. Усі природні водойми мають здатність до самоочищення, але самоочищення має свої межі. Велика кількість забруднених вод, наявність у них токсичних для водних біоценозів речовин тощо обмежують здатність водойми до самоочищення. Нині річки, озера й інші водойми самотужки вже не можуть подолати дедалі зростаюче антропогенне навантаження [9].

1.1.2. Самоочистка в водоймах

Критерієм забруднення води виступають погіршення її якості внаслідок зміни органолептичних властивостей (неприємний запах, присмак, підвищена твердість тощо) і наявність шкідливих речовин, що впливають на:

- процеси природного самоочищення водойм;
- життєдіяльність водних організмів;
- здоров'я людини при використанні води для водопостачання населення.

Самоочищення - ліквідація забруднень абіотичними факторами середовища і в ході життєдіяльності організмів, яке відбувається біологічним шляхом: аеробні мікроорганізми харчуються органічними речовинами, у тому числі й забруднюючими речовинами [32]. Активна діяльність мікроорганізмів

обумовлена присутністю у воді достатньої кількості розчиненого кисню. Якщо вміст органічних речовин високий, то продукти метаболізму аеробів (нітрати, фосфати тощо) починають стимулювати ріст водоростей, зоопланктону й розмноження представників вищої фауни, які споживають кисень. З ростом числа живих організмів у воді збільшується й число тих, що відмирають, а для аеробного руйнування органічних залишків також потрібен кисень. Витрата кисню вже не поповнюється за рахунок фотосинтезу. У підсумку відбувається масова загибель аеробних організмів і настільки ж масове розмноження анаеробних, які руйнують біомасу. Природні водойми при цьому втрачають здатність до самоочищення [3, 17].

Здатність до самоочищення річки залежить від багатьох природних факторів: обсягу річкового стоку, швидкості потоків, хімічного складу води, її температури тощо. Самоочищення води в природних умовах включає два послідовних процеси, а саме: процес органічного окислення і процес нітрифікації органічних речовин з обов'язковою присутністю кисню [8,9].

Рослинний і тваринний світ водойми відіграє важливу роль у самоочищенні водойми. Він багатий і різноманітний. Рослинний світ водойм представлений фітопланктоном, мікробентосом і вищими водними рослинами. У забруднених водоймах процеси окислювання органічних сполук проходять інтенсивно. Основні постачальники кисню, що витрачається на окислювання органічних речовин бактеріями, вищі водні рослини [7]. Крім позитивної ролі водоростей у процесі самоочищення водойм, фітопланктон при деяких умовах може сприяти й збільшенню ступеня забруднення води.

Фільтратори зоопланктону знижують чисельність бактерій у ставках приблизно на 99%. Вилучені з води речовини фільтратори й седиментатори переробляють у своєму тілі, а неперетравлені рештки - викидають у вигляді фекальних грудочок, які опускаються на дно водойми.

Важливу роль у процесах самоочищення відіграють утворені ними так звані «псевдофекалії». Молюски, наприклад, не заковтують більшу частину відфільтрованого матеріалу, а склеюють його і викидають. Такі

«псевдофекалії», що складаються з малопродатних у харчовому відношенні грудочок, також осідають на дно. Таким способом фільтратори здійснюють транспорт забруднюючих речовин з води на дно.

У процесах самоочищення водойм від органічних речовин фільтратори й седиментатори відіграють роль споживачів первинної продукції. Вони відносяться до консументів I порядку, які у свою чергу служать їжею хижим організмам зоопланктону й риbam.

1.1.3. Очисні споруди природної біологічної очистки

Стічні води являють собою складні гетерогенні системи забруднюючих речовин, які перебувають у розчиненому, колоїдному, або нерозчиненому стані, причому завжди присутні як органічні, так і неорганічні компоненти забруднень [2].

Використовується два основних методи очищення стічних вод: очищення в штучних умовах (на очисних спорудах) і в природних умовах (на полях фільтрації, біологічних ставках тощо).

Біологічне очищення здійснюється біоценозом мікроорганізмів, бактерій, найпростіших, водоростей, які для своєї життєдіяльності й розвитку використовують органічні сполуки. Біологічне очищення проводиться як у штучних умовах - у біологічних фільтрах і аеротенках, так і в природних умовах - на полях фільтрації, біологічних ставках [4,10,12].

Земельні ділянки, які призначаються для очищення стічних вод називаються полями фільтрації, де очищення стічних вод відбуваються в результаті сукупності складних фізико-хімічних і біологічних процесів.

Сутність процесу очищення полягає в тому, що при фільтрації стічних вод через ґрунт у верхньому його шарі затримуються завислі й колоїдні речовини, що утворюють на поверхні часточок ґрунту густозаселену мікроорганізмами плівку. Ця плівка адсорбує на своїй поверхні розчинені органічні речовини, що перебувають в стічних водах, використовуючи кисень,

що проникає з атмосфери в пори ґрунту, мікроорганізми переводять органічні речовини в мінеральні сполуки. Таким чином, наявність кисню є необхідною умовою для протікання нормального процесу. Верхні шари ґрунту перебувають у більш сприятливих умовах, в яких і відбувається найбільш інтенсивне окислення органічних речовин і процес нітрифікації. У міру поглиблення кількість кисню в ґрунті зменшується й, нарешті, наступає анаеробна зона, де окислення органічних речовин, що проникають сюди у вигляді розчинів, відбувається тільки за рахунок процесу денітрифікації. В анаеробну зону стічні води попадають із більшим вмістом нітритів. Отже, виникають вимоги, які пред'являються до процесу фільтрації, що відводить під поля території, до властивостей ґрунтів, а також до якості й об'єму стічної води, що може бути очищена на 1 га площі полів.

Ступінь очищення стічних вод на полях фільтрації значно знижується взимку в силу сповільнення й навіть припинення біологічних процесів при низьких температурах. У цей період поля всіх видів працюють переважно як накопичувачі, затримуючи в ґрунті стічні води й речовини, що перебувають у них шляхом поверхневого заморожування.

При створенні полів фільтрації переслідують дві мети:

- а) санітарну - очищення стічних вод;
- б) сільськогосподарську - використання стічних вод як джерела вологи, а речовин, що містяться в ній як, добрива.

Розрізняють такі види полів зрошення:

1. Комунальні поля зрошення, головним завданням яких є очищення стічних вод, а використання - для сільськогосподарських цілей відіграє допоміжну роль.
2. Сільськогосподарські поля зрошення, на яких використання умовно чистих стічних вод для сільського господарства і їх очищення представляють єдине ціле.

Біологічні ставки являють собою штучно створені водойми для біологічного очищення стічних вод, заснованих на процесах, які відбуваються

при самоочищенні водою.

При відсутності фільтруючих ґрунтів для облаштування полів фільтрації ставки можуть бути використані як самостійні споруди для локального очищення стічних вод, а також для доочищення на різних очисних спорудах.

Ставки облаштовують невеликої глибини - від 0,5 до 1 м. Це дозволяє створити значну поверхню зіткнення води з повітрям і забезпечити прогрів всієї товщі води й добре її перемішування. Таким чином, створюються сприятливі умови для масового розвитку водних організмів, зокрема планктонних водоростей, які асимілюють біогенні елементи й у результаті процесу синтезу збагачують воду киснем, необхідним при окислюванні органічних речовин. Нормальна експлуатація ставків відбувається в теплий час, і вже при температурі води нижче 6°C різко погіршується.

Біологічні ставки розраховують за навантаженням на поверхню залежно від концентрації забруднень і температурних умов.

Розрізняють наступні види біологічних ставків:

- ставки для розведення риби (рибоводні);
- ставки без розведення (багатоступінчасті або серійні);
- ставки для доочищення стічних вод.

У першому випадку стічні води після попереднього освітлення у відстійниках змішують із річковою водою в пропорціях 1:3-1:5 і направляють в одноступінчасті проточні ставки, де йде процес окислювання органічної речовини.

У другому випадку стічні води після попереднього відстоювання направляють у ставок без розведення чистою водою. Тривалість очищення стічної води в ставках цього типу більше, ніж у ставках першого типу; обмін води відбувається за термін до 30 днів.

Стічні води, що пройшли біологічну очистку в ставках, можуть бути використані для зрошення.

При необхідності глибокого очищення стічних вод для доочистки рекомендують влаштовувати біологічні ставки.

Важливе місце в процесах очистки води має явище нітрифікації.

В результаті розщеплення азотовмісних органічних сполук в великій кількості виділяється аміак [11]. В природних умовах, в воді водойми аміак поглинається рослинами в процесі росту чи піддається дії особливих груп мікроорганізмів, окислюючих його з утворенням азотистої чи азотної кислот. Цей процес називається нітрифікацією, а мікроорганізми - відповідно нітрифікаторами, чи нітрифікуючими бактеріями.

Нітрифікатори відносяться до автотрофних організмів і не потребують органічних речовин. С.Н. Виноградський, вивчаючи процес нітрифікації, відзначив, що окислення аміаку відбувається в дві фази.

Перша фаза нітрифікації - окислення солей амонію в нітрити. В присутності органічних речовин зазвичай спостерігається пригноблення росту нітрифікуючих бактерій.

Друга стадія нітрифікації полягає в окисленні утворених під час першої фази солей азотистої кислоти в солі азотної кислоти.

В природних умовах нітрифікуючі бактерії здатні поглинати лише той аміак, який не використовувався іншими організмами. Тому на інтенсивність нітрифікації впливає співвідношення вуглецю і азоту в середовищі.

Відношення нітрифікуючих бактерій до органічних речовин дало можливість використовувати їх в якості індикаторів закінчення процесу біологічної очистки на очисних спорудах. До тих пір, поки в рідині, що очищується присутні органічні сполуки і інтенсивно розвиваються гетеротрофні бактерії, нітрифікація подавлена. При достатній концентрації солей амонію чи аміаку процеси нітрифікації можуть здійснюватися в сильно забрудненій воді. Так, на полях фільтрації зазвичай спостерігається інтенсивна нітрифікація.

1.2. Штучна біологічна очистка

Найкращий варіант підтримки вод у чистому стані - запобігання забрудненню, але оскільки це не завжди можливо, то головне завдання

сучасного водокористування полягає в очищенні забруднених вод і доведенні їх до чистого стану, що дозволяє їм бути джерелом води для поливу сільськогосподарських культур, або питної води.

Існують різні методи очищення стічних вод: механічні, хімічні, фізико-хімічні, біологічні. Звичайно на господарських об'єктах комбінують різні методи очищення.

Забруднені стічні води послідовно очищають механічним, хімічним і біологічним способами.

Механічне очищення полягає у видаленні із стічних вод нерозчинних речовин (піску і плаваючих речовин), а також жирів, нафтопродуктів, смол тощо. Для цього використовують решітки, пісколовки, сита, відстійники, або спеціальні фільтри й центрифуги. Сучасними методами на кращих зарубіжних очисних спорудах із стічних вод виділяється до 55 % твердих нерозчинних домішок [20].

Хімічне очищення стічних вод відбувається після їх механічного очищення. Цей спосіб передбачає внесення в забруднену різними сполуками воду спеціальних речовин-реагентів, які, вступаючи в реакцію з забруднюючими речовинами, утворюють нешкідливі сполуки або нерозчинні речовини, що випадають в осад і видаляються.

Хімічні методи очищення дуже часто доповнюють фізико-хімічними, тобто поєднують хімічні реагенти з фізичними процесами.

Біологічний метод застосовується для очищення вод, оброблених механічним методом. Цей спосіб полягає у використанні природних або штучних водойм, у яких розводять спеціальні мікроорганізми, що харчуються органічними речовинами, наявними в стічних водах (білками, вуглеводами, фенолами тощо), розкладаючи їх на прості сполуки (воду, вуглекислий газ, мінеральні солі) [1, 2, 24].

1.2.1. Очисні споруди штучної біологічної очистки

Технологічний процес типових очисних споруд біологічної очистки

полягає в механічній та біологічній очистці за схемою:

Приймальна камера —> Решітка —> Пісколовки —> Первинний відстійник —> Аеротенк —> Вторинний відстійник —> Контактний резервуар —> Скид очищеної води в річку.

Перша стадія очищення стічних вод - механічне очищення, що застосовують для виділення зі стічних вод зважених і колоїдних часток - нерозчинених мінеральних і органічних домішок.

До споруджень механічного очищення відносяться:

- решітки (для затримки великих домішок);
- пісколовки (для вловлювання мінеральних домішок, піску);
- фільтри (для дрібних нерозчинених домішок);
- жироловки, маслоуловлювачі, нафтовловлювачі (для відділення масел, жирів, смол, нафтопродуктів).

Решітки

Решітки застосовуються для затримки із стічних вод великих нерозчинних забруднень і є спорудженнями, що готують стічні води до подальшого, більш повного очищення. Забруднення з решіток видаляють оператори очисних споруд, в основному, ручним способом і складають в окремо виділених місцях з наступною утилізацією.

Решітки повинні встановлюватися на всіх очисних станціях незалежно від способу подачі на них стічних вод - самопливом або під напором після насосної станції. Решітки поділяють на стаціонарні і сполучені із дробилками (решітки-дробилки).

Пісколовки

Пісколовки призначаються для видалення із стічних вод мінеральних домішок (піску) і встановлюються перед первинними відстійниками.

Пісколовки варто використовувати при витраті стічних вод більше 100 м³/добу. Робота пісколовок заснована на використанні гравітаційних сил. За характером руху води пісколовки поділяються на горизонтальні і тангенціальні. Встановлюються обов'язково 2 пісколовки, які працюють по

черзі для оперативного виділення з них піску. В пісколовках затримується до 2% піску, який вивозиться на піскові майданчики, де зневоднюється та періодично видаляється.

Відстійники

Відстоювання є найбільш простим й часто застосовуваним у практиці способом виділення із стічних вод грубодисперсних домішок, які під дією гравітаційної сили осідають на дно відстійника або спливають на його поверхню. Залежно від необхідного ступеня очищення стічних вод відстоювання застосовується або з метою попередньої їхньої обробки перед очищенням на інших спорудах, або як спосіб остаточного очищення, якщо із стічних вод необхідно видалити тільки нерозчинені (осідаючі або спливаючі) домішки.

Залежно від призначення відстійників у технологічній схемі очисної станції вони поділяються на первинні й вторинні, рис.1.



Рис.1. Первинні відстійники очисних споруд

За напрямком руху основного потоку води у відстійниках вони діляться на два основних типи горизонтальні і вертикальні; різновидом горизонтальних є радіальні відстійники. У горизонтальних відстійниках стічна вода рухається горизонтально, у вертикальних - знизу нагору, а в радіальних - від центра до периферії.

Всі первинні відстійники розраховані на 30 хвилинне перебування стічної води в цій споруді, так як осідання забруднюючих речовин досягається максимум на 50-55%. Осад із первинних відстійників направляється на зневоднення, а потім на зброджування в метантенк.

Другим етапом очистки стічних вод є біологічна очистка, яка включає такі споруди: аеротенк, вторинний відстійник. Стічні води з первинного відстійника направляються в аеротенк, де завдяки активному мулу відбувається окислення органічних сполук, яке проходить за різними технологіями від 14 до 24 і більше годин. З аеротенку змішана з мулом вода надходить до вторинних відстійників для відділення активного мулу. Процес відстоювання розрахований на 2 години. Отже, біологічним методом на 95-98% стічна вода очищається від органічних забруднень, що залишилися після її механічної очистки.

Після вторинних відстійників стічна вода направляється в контактний резервуар для 30 хвилинного контакту з хлором для знезараження води. Знезаражена очищена стічна вода скидається у водойму.

1.2.2. Процес біологічної очистки стічної води в аеротенках

Біологічна очистка стічних вод активним мулом проходить в аеротенках, які являють собою бетонні резервуари, де стічну воду подають знизу потужним потоком і аерують найдрібнішими пухирцями повітря. При постійному надходженні органічних речовин із стічними водами в аеротенки в активному мулі розвивається бактеріальне населення та мікрофауна, рис.2.



Рис. 2. Аеротенки

Ефективність процесу очищення в аеротенках, якісний стан і окисна здатність активного мулу визначаються рядом умов, до яких відносяться: склад і властивості стічних вод, гідродинамічні умови перемішування, співвідношення кількостей поданих забруднень, кількісний і якісний стан активного мулу, кисневий режим у спорудах, температура й реакція середовища, наявність елементів живлення, присутність активаторів або інгібіторів процесу тощо [26].

З технологічної точки зору аеротенки класифікуються наступним чином:

- за гідродинамічним режимом — аеротенки-витиснювачі, аеротенки-зміщувачі з розсередженим випуском стічної рідини та аеротенки проміжного типу;
- за способом регенерування активного мулу — аеротенки з окремою регенерацією і без окремої регенерації активного мулу;
- за навантаженням на активний мул — високонагружені, звичайні і слабонагружені;

- за кількістю ступенів очищення — одно-, дво- і багатоступінчасті.

Аеротенки розрізняються за формами типу — прямокутні і круглі.

Аеротенки-витіснювачі представляють собою бетонні споруди, в яких суміш стічних вод поступає порціями, проходить послідовну очистку активним мулом без повного змішування з усім об'ємом рідини. Особливістю процесу біологічної очистки є його „ступінчатість” за умовами метаболізму мікрофлори активних мулів. Процес очистки розділяється на окремі фази, тобто, якщо на початкових стадіях процесу спостерігається перегрузка біомаси поживними речовинами і дефіцит кисню, то на наступних стадіях активний мул, як правило, отримує надлишкову кількість кисню при нестачі поживного матеріалу [35].

Аеротенки-змішувачі представляють собою спорудження, в яких порції поступаючої стічної рідини майже моментально перемішуються зі всією масою суміші рідини і активного мулу, що дозволяє рівномірно розподілити органічні забруднення, а також забезпечує роботу в умовах великих навантажень. Особливістю такого аеротенка є розсосереджений впуск суміші стічної рідини і активного мулу вздовж його поздовжньої стінки і такий же випуск її з протилежної сторони.

В аеротенках проміжного типу концентрація активного мулу на виході поступово зменшується по мірі наближення до виходу із споруди. В основному, використовуються аеротенки - змішувачі з регенераторами.

В основу роботи аеротенків з регенераторами покладений стадійний характер процесу біологічної очистки стічних вод. Перша стадія процесу - адсорбація органічних забруднень активним мулом - проходить більш швидко, ніж наступне їх окислення. Тому обидві стадії процесу здійснюються окремо: в аеротенку проходить адсорбація і мінералізація найбільш легко окислюваних речовин, в регенераторах - завершення окислення сорбованих речовин і встановлення початкової активності мулу (регенерація активного мулу) [1, 16, 25].

Біологічне очищення стічних вод здійснюється за рахунок

спроможності мікроорганізмів використати для свого живлення органічні речовини (сполуки азоту, фосфору), калію, магнію тощо, які містяться в стічних водах і необхідні для їхньої життєдіяльності. В процесі живлення мікроорганізми одержують матеріал для побудови свого тіла, внаслідок чого відбувається приріст маси активного мулу, який населений великою кількістю мікроорганізмів [44].

Використання очищення за допомогою активного мулу не гарантує видалення іонів важких металів. Звичайно іони важких металів видаляють з розчинів за допомогою реагентів. Значні проблеми створюють азот амонійний та фосфати, які в процесі біологічної очистки мають низький відсоток їх очищення і поступаючи в річки є головною причиною їх евтрофікації, яка супроводжується підвищенням продуктивності води, розвитком водоростей, "цвітінням" вод, дефіцитом кисню і заморами риби.

Формування того, чи іншого типу біоценозу активного мулу залежить від складу стічних вод і навантаження на систему очищення, конструкції і режиму експлуатації очисних споруд аеробного очищення, обумовленими ще на стадії їх проектування. Функціональною особливістю активного мулу при очистці стічних вод є їх здатність до швидкого розмноження і поглинання забруднюючих речовин. Інтенсивність розмноження мікроорганізмів визначається багатьма факторами, але в першу чергу наявністю поживних речовин, отже динаміка росту активного мулу, його фізіологічний стан будуть відрізнятися в залежності від того, чи наявне постійне надходження живлення.

Таким чином, однією з основних умов роботи аеротенків є утворення хлопка активного мулу, здатного до швидкого осідання, ущільнення й відділення від очищеної рідини.

Швидкість осідання хлопка активного мулу залежить від щільності хлопка, що обумовлюється складом мікрофлори. Довгі нитчасті організми, а також велика кількість окремих бактеріальних клітин негативно впливають на швидкість осідання мулу.

Для нормальної роботи процесу очистки об'єм циркуляційного

активного мулу, що подається, повинен складати від 30 до 50% від об'єму води, що направляється на очистку.

Показником якості активного мулу є муловий індекс. За муловий індекс приймається об'єм мулу в мілілітрах і грамах мулу через 30 хвилин відстоювання. При нормальній роботі муловий індекс не перевищує 60 - 70%.

Внаслідок звичайного розмноження мікроорганізмів, кількість мулу в аеротенках збільшується, надлишок мулу може гальмувати процес очистки, тому часто його необхідно вивести шляхом подавання його в мулеущільнювачі.

На першій стадії очистки, одразу після змішування стічної води з активним мулом, проходить абсорбція мулом забруднених речовин стічної води і їх окислення, внаслідок чого відбувається різке пониження БСК стічної води на 40-50%. Перша стадія продовжується 0,5-2 год. На другій стадії процесу відбувається окислення речовин. Потреби кисню зростають. На третій стадії процесу відбувається нітрифікація амонійних солей і швидкість потреби кисню росте.

Очищення стічних вод в аеротенках здійснюється за тим же принципом, що й у природних водних системах, але в аеротенку має ряд особливостей. У природних умовах складаються стійкі біоценози різних видів, а окремі види виконують властиві функції.

Основу цієї системи як у кількісному співвідношенні, так і за значимістю в процесі очищення складають бактерії у вигляді скупчень у вигляді пластівців Zoogloea. Здатність активного мулу утворювати міцні пластівці, що швидко осідають відноситься до його головних технологічних властивостей, і їм належить найважливіша роль у забезпеченні надійності роботи біологічних очисних споруд. Порушення седиментаційних властивостей активного мулу призводить до так званого «спухання» активного мулу — він починає мати низьку щільність, займає великий об'єм, проходить збільшення мулового індексу до значень понад 150 мл/г, внаслідок чого активний мул не встигає повністю відокремитися від очищеної у вторинному

відстійнику, починає виноситися у вигляді зважених речовин з вторинних відстійників і вже не бере участі у подальшому процесі очищення води.

Стабільність системи в цілому залежить і від числа видів: чим різноманітніший видовий склад біоценозу, тим стійкіша система.

Слід зауважити, що видовий склад населення активного мулу бідніший, ніж склад природних водойм. Часто вся мікрофауна аеротенку представлена двома-трьома видами найпростіших, а кількість трофічних рівнів не перевищує трьох.

Умови існування біоценозів у природних умовах гідроекосистеми відносно стабільні, а у аеротенку після аерації з муловою сумішшю вода надходить у вторинний відстійник, де аерація відсутня й відбувається поділ очищеної води від активного мулу. Вода із вторинного відстійника направляється у водойму, а частина активного мулу повертається через насосну станцію в аеротенк – це циркулюючий активний мул, а частина направляється на мулові майданчики – це надлишковий активний мул.

Отже, активний мул перебуває не просто в аеротенку, а в системі аеротенк - вторинний відстійник, і умови існування активного мулу міняються у часі й просторі, у той час як у природних умовах вони міняються тільки в часі. Час перебування активного мулу у вторинному відстійнику дві години. Якщо очищення стічної води в аеротенку неповне, то мул містить сорбовані забруднення.

Таким чином, перша особливість екологічної системи аеротенку полягає в нестабільності умов існування активного мулу, тобто система залежить від вмісту кисню в воді і забезпеченням органічними речовинами.

Друга особливість пов'язана зі штучною підтримкою дози мулу в аеротенку. У природних умовах величина біомаси визначається величиною природного приросту, що залежить від концентрації органічних речовин у воді водойми. В аеротенку доза активного мулу штучно завищується шляхом повернення мулу із вторинного відстійника в аеротенк. Умови існування

мікроорганізмів в аеротенку впливають на формування його біоценозу і відрізняються в природних умовах.

Нестабільність умов існування, зокрема зміни поступаючих забруднень як по кількості, так і по складу, різний газовий режим в аеротенку й у вторинному відстійнику призводять до того, що в активному мулі переважають бактерії із широкою толерантністю, так звані еврибіонти. Найбільшою «всеїдністю» з бактерій володіють псевдомонади — саме вони й переважають серед бактеріального населення активного мулу. Тому серед бактерій активного мулу переважають форми зі слизовою капсулою, що сприяють утворенню хлопків. Саме такі бактерії попадають в аеротенк із циркуляційним мулом. Підвищення дози мулу в аеротенку в порівнянні із природним приростом приводить до особливостей життєздатності активного мулу.

Отже, чим вищий приріст активного мулу, тим більше споживається забруднень, і навпаки. При створенні високої концентрації активного мулу в аеротенку, кожна одиниця біомаси внаслідок нестачі поживних речовин працює менш активно. У той же час збільшення біомаси в одиниці об'єму призводить до того, що загальне споживання не знижується, а зростає. Таким способом вирішуються два завдання: збільшення використання забруднень і скорочення приросту активного мулу.

Збільшення концентрації активного мулу в аеротенку не може бути безмежною. При підвищенні дози мулу погіршуються умови його існування: зменшується кількість поживних речовин, погіршуються умови масопередачі поживних речовин і кисню, накопичуються продукти обміну, що призводить до зменшення швидкості росту й скорочення приросту. Усе менше утворюється надлишкового активного мулу, збільшується час перебування мулу в системі аеротенк - вторинний відстійник, мул старіє, у ньому росте число мертвих клітин, він втрачає активність.

Саморегуляція системи залежить від наявності харчових ресурсів в стічній волі і концентрації активного мулу і проявляється в зміні

ферментативної активності клітин, яка протікає поступово.

Основу цієї системи як у кількісному співвідношенні, так і за значимістю в процесі очищення складають бактерії у вигляді скупчень у вигляді пластівців Zoogloea. Здатність активного мулу утворювати міцні пластівці, які швидко осідають є основною функцією мулу у забезпеченні надійності роботи біологічних очисних споруд. Порушення седиментаційних властивостей активного мулу призводить до так званого «спухання» активного мулу — він починає мати низьку щільність, займає великий об'єм, проходить збільшення мулового індексу до значень понад 150 мл/г, внаслідок чого активний мул не встигає повністю відокремитися від очищеної у вторинному відстійнику, починає виноситися у вигляді зважених речовин з вторинних відстійників і вже не бере участі у подальшому процесі очищення води.

Склад активного мулу в аеротенках залежить від складу стічних вод, навантаження на активний мул, аерації, інших технологічних параметрів. Оскільки склад стічних вод безперервно змінюється кількісно і якісно, то й склад мулу постійно зазнає змін навіть у одному й тому аеротенку [21].

РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Індикаторні організми біоценозу активного мулу

У водному середовищі живе величезна кількість організмів, які характерні для одного, або іншого біоценозу гідроекосистеми.

При самоочищенні води у самообміні беруть участь: забруднюючі речовини; енергія Сонця; сили слабкої взаємодії тощо. Роль слабких взаємодій важко оцінити, так як вони забезпечують всі процеси в гідроекосистемі, а саме: процеси розчинення кисню у воді, сорбції, коагуляції, концентрування органічних речовин та ін. Без перелічених процесів неможливо було б підтримувати низьку концентрацію органічних речовин у воді, тобто мати в природі таку чисту воду [27, 43].

Кожний організм біоценозу є певною ланкою трофічного ланцюга, який у гідроекосистемах є надзвичайно ефективним шляхом зниження концентрації біомаси у воді, що очищається. Це необхідно враховувати під час очищення стічної води і не вважати найпростіших, коловерток, нематод, ракоподібних тощо лише індикаторами. Індикаторні організми в природних умовах беруть безпосередню участь в очищенні води, тобто звільняють її від надлишкової біомаси. Явище самоочисної здатності, в якій беруть участь і біоіндикатори, належить Природі. Процеси ж штучної очистки води забезпечує людина, а індикаторним організмам там відводиться інша роль.

Біоіндикатори - група особини одного виду, або угруповання, які є показником певних процесів, їх ефективності в тому, чи іншому середовищі.

Аеробна біологічна очистка, яка проводиться в штучних умовах (аеротенках) полягає у вирощенні в резервуарі із стічною водою активного мулу. Активний мул - це штучно вирощений біоценоз, в склад якого входить велика кількість представників мікрофлори і мікрофауни. Основу біоценозу складають бактерії, які знаходяться у вигляді скупчень зооглей. Тут є і нитчасті бактерії, гіфи водних грибів, дріжджі, безколірні джгутикові інфузорії. На стадії глибокої очистки стічних вод з'являються індикаторні організми (коловоротки, водні черви тощо). Активний мул, створений

сумішшю культур, окислює органічні сполуки.

Індикаторні організми є високоорганізованими формами біоценозу активного мулу і необхідною ланкою в процесі очистки води. Індикаторним організмам відведена незначна роль в очистці стічних вод. В основному вони являються показниками ефективності роботи активного мулу, а їх кількість, різновидність та стан залежить від багатьох процесів, які проходять в аеротенку [23].

Всі організми активного мулу гетеротрофи і поглинають готову органічну їжу, яка поступає із стічними водами і в процесі своєї життєдіяльності утворює прості, повністю окислені кінцеві продукти розпаду органічних речовин та деяких неокислених неорганічних сполук (аміак, нітрити, нітрати) тощо.

При цьому в біоценозі активного мулу циклічно змінюються умови живлення, які забезпечують появу тих, чи інших видів індикаторних організмів. В біоценозі активного мулу є різні типи біологічних зв'язків, в тому числі і хижацтво. Хижаками є саме індикаторні організми.

В активному мулі зустрічаються шість класів найпростіших (індикаторних організмів) [30, 31].

Клас саркодових – Sarkodina. Представники: *Amoeba diffluens*, *Hyalodiscus limax*, *Amoeba radioza*, *Amoeba diploidea*, *Arcella vulgaris*, *Arcella discoidea*, *Centropyxis aculeate*, *Centropyxis laevigata*, *Diffugia molesta*, *Euglypha alveolata*, *Euglypha laevis*, *Pamphagus hyalinus.*, рис. 3-11.



Рис. 3. Amoeba diploidea

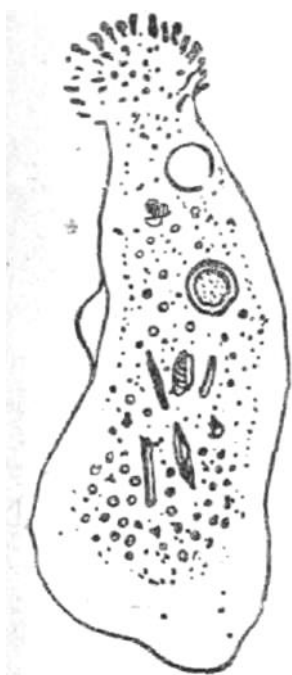


Рис. 4. Hyalodiscus limax

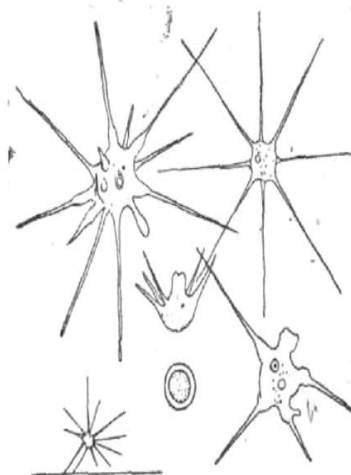


Рис. 5. Amoeba radioza

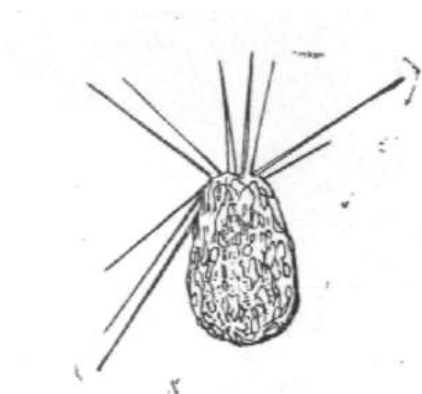


Рис. 6. Euglypha alveclata

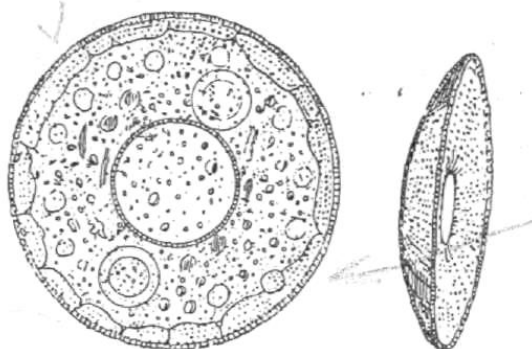


Рис. 7. Arcella discoides

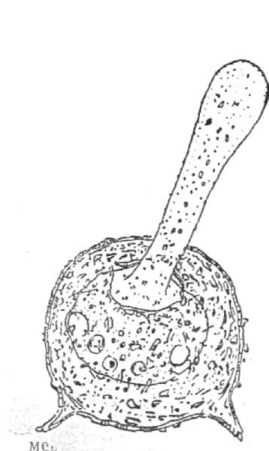


Рис. 8. Centropyxis aculeate



Рис. 9. Diffugia molesta

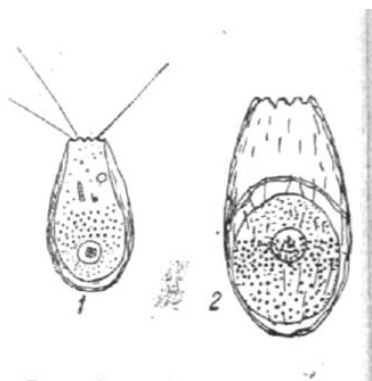


Рис. 10. Euglupha laevis

- 1 – раковина з псевдоподіями
2 – раковина з цистою

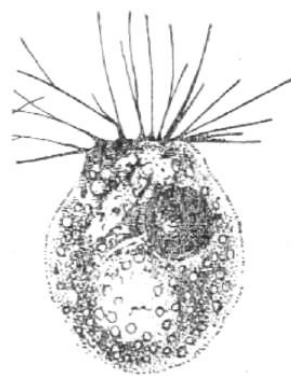


Рис. 11. Pamphagus hyalinus

Індикаторні організми цього класу представляють собою маленькі грудочки живої протоплазми розміром 10-200 мк, які можуть бути без покриття або їх тіло може міститися в раковині із хітину й інших речовин. Пересуваються шляхом псевдоподій, а харчуються бактеріями. Хижак харчується іншими найпростішими. Представники роду *Sarkodina* мінералізують розчинені речовини.

Клас джгутикових інфузорій – Mastigophora. Основні представники: *Oikomonas socialis*, *Vodo*, *Trepomonas steinii*, рис. 12-14.

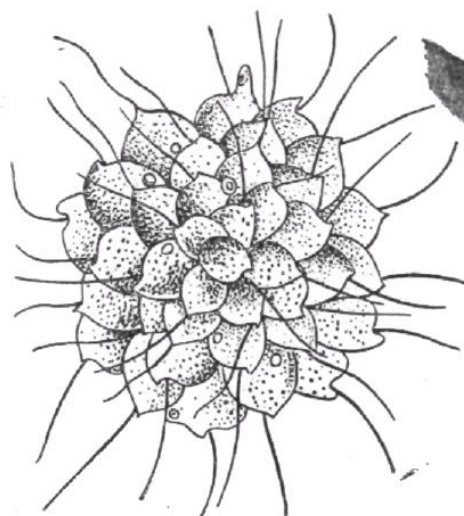


Рис.12. Oikomonas socialis

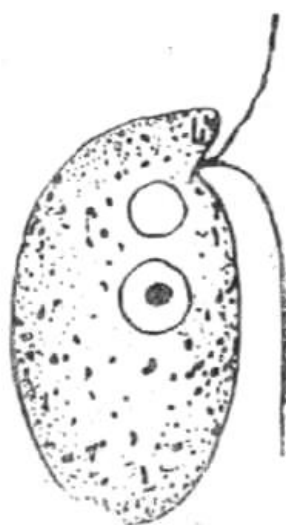


Рис.13. Vodo

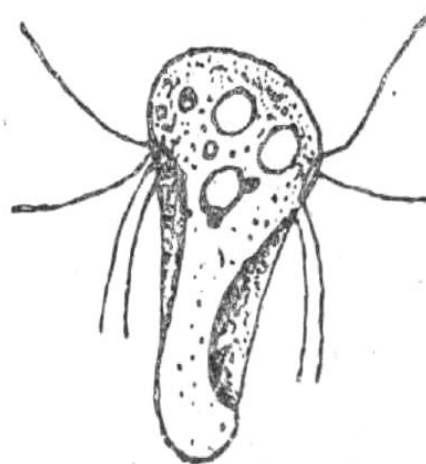


Рис.14. Trepomonas steinii

Індикатори цього класу представляють собою безколірні джгутикові інфузорії, які мають постійну форму тіла з 1 або 2 джгутіками, які служать органами руху, розмір тіла 10-20 мк. Живляться бактеріями. Розмножуються діленням тіла на дві частини, пересуваються за допомогою джгутиків. В активному мулі присутні при великій кількості поживних речовин, впливають на кількісний склад мулових завислих речовин і сприяють кращому освітленню стічних вод.

Клас війкових інфузорій – Ciliata. Представники: *Aspidiska costata*, *Aspidiska turrida*, *Euplotes charon*, *Euplotes patella*, *Oxytricha pellionella*, *Stylonychia pustulata*, *Cyclidium Glaucoma*, *Colpoda steini*, *Paramecium caudatum*, *Rabdostyla ovum*, *Vorticella alba*, *Vorticella microsoma*, *Vorticella convallaria*, *Carchesium polypinum*, *Opercularia coarctata*, *Opercularia glomerata*, *Epistylis plicatilis*, рис.15- 31.

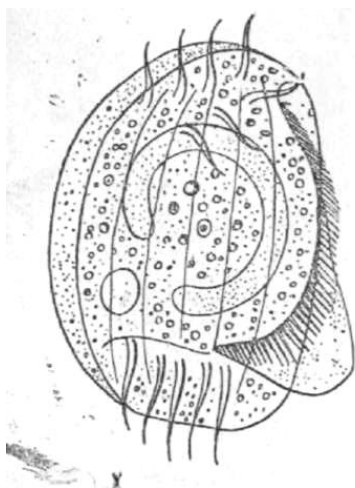


Рис.15. *Aspidiska costata*



Рис.16. *Aspidiska turrida*

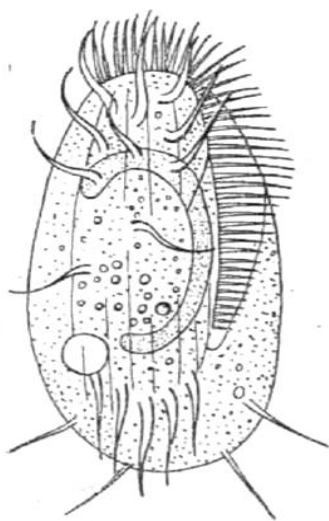


Рис.17. *Euplotes charon*



Рис.18. *Euplotes patella*

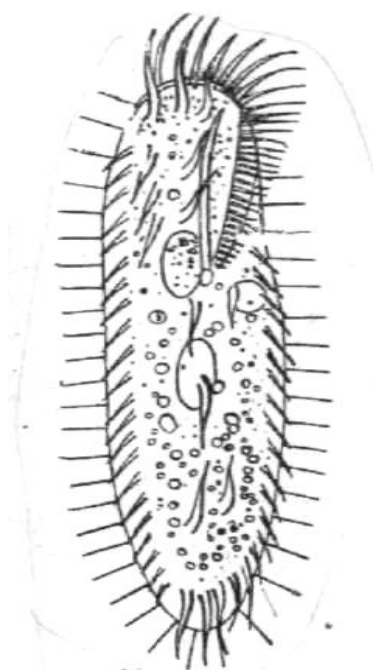


Рис.19. *Oxytricha pellionella*

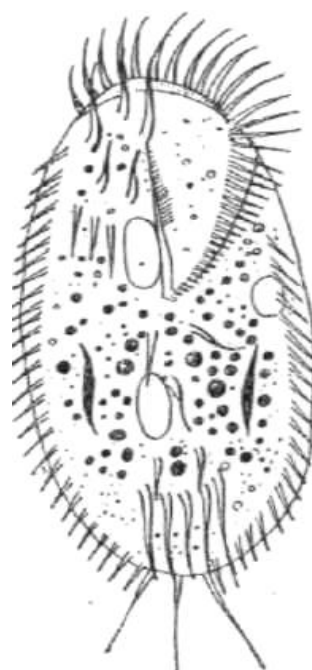


Рис.20. *Stylonychia pustulata*

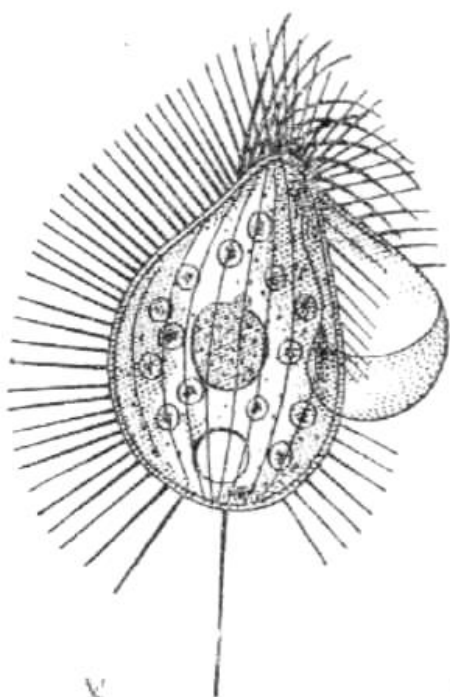


Рис.21. *Cyclidium glaucoma*

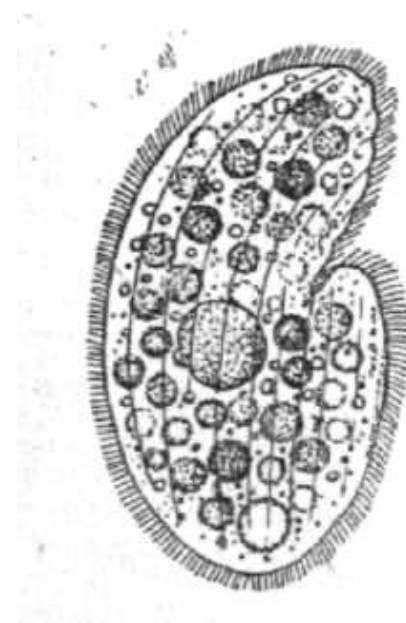


Рис.22. *Colpoda steini*

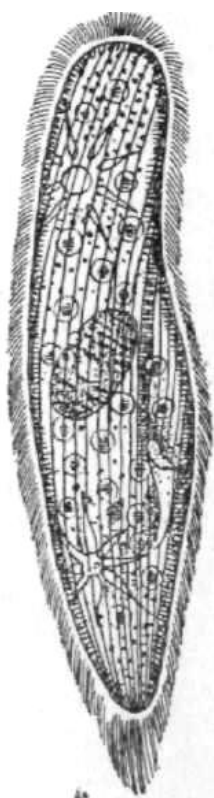


Рис.23. Paramecium caudatum



Рис.24. Rabdostyla ovum

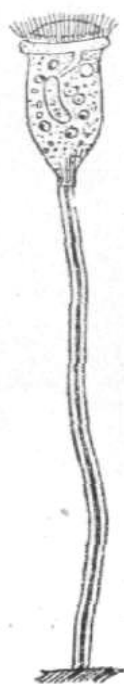


Рис.25. Vorticella alba



**Рис.26. Vorticella
microstoma**



**Рис.27. Vorticella
convallaria**

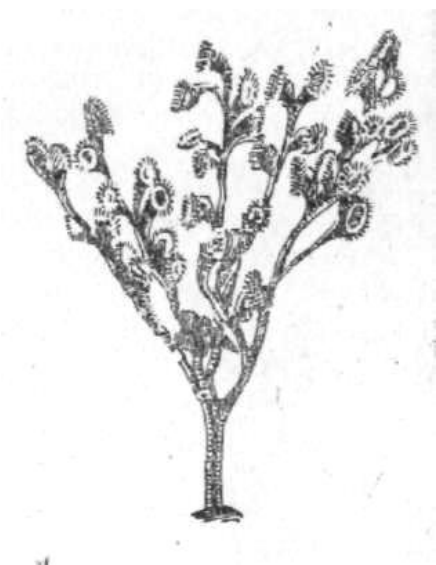


Рис.28. *Carchesium polyrinum*

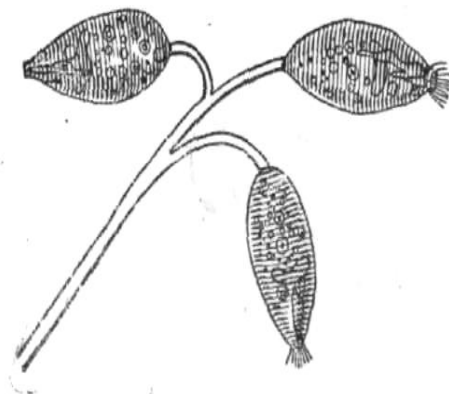


Рис.29. *Opercularia coarctata*



Рис.30. *Opercularia glomerata*



Рис. 31. *Epistylis plicatilis*

Індикаторні організми з постійною формою тіла, покриті тонкими війками, які рухають тіло інфузорій і приводять в рух оточуючі маси води. На передньому кінці тіла є ротовий отвір, а поблизу заднього кінця - отвір (порошиця), що служить для викиду неперетравлених решток їжі. Головна їжа - бактерії. При несприятливих умовах інфузорії переходять в стан анабіозу.

Клас сисних інфузорій – Suctoria. Основні представники: *Токорфрія лемнарна*, *Асінета жовта*, *Подорфрія фікса*, *Подорфрія коліні*, рис. 32 – 35.

Індикаторні організми цього класу зустрічаються в активному мулі в одиничних екземплярах. Це – організми прикріплені за допомогою стебельця, яке не скорочується, відносяться до хижаків і харчуються війковими інфузоріями. Живляться за допомогою сисних щупалець, так як ротовий отвір у них відсутній, проте організми дуже активні.

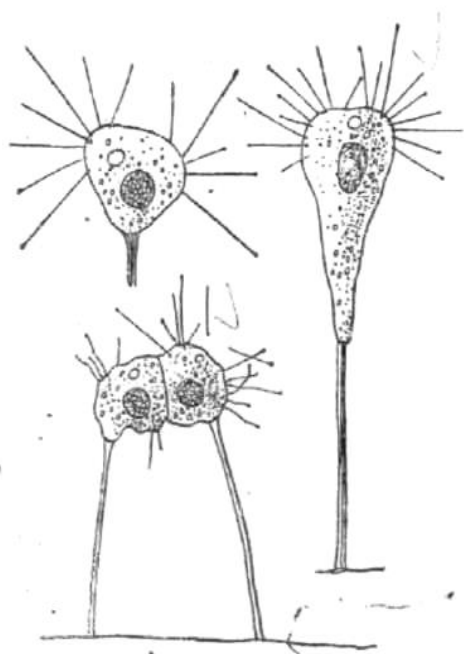


Рис.32. Tokophrya lemnarum

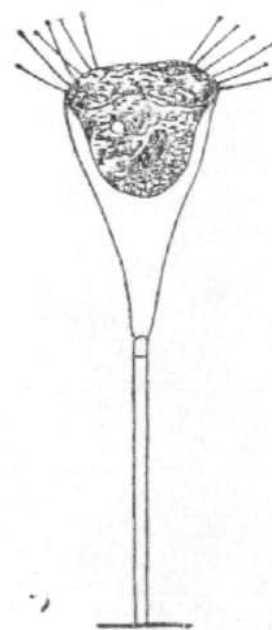


Рис.33. Acineta flava

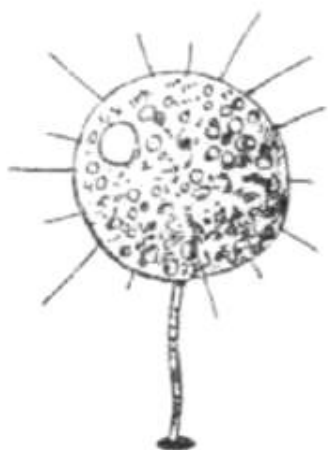


Рис. 34. Podophrya fixa

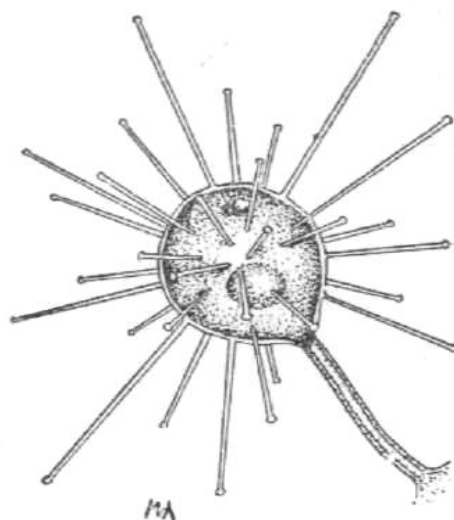


Рис. 35. Podophrya collini

Клас коловоротки – Rotatoria. Основні представники: *Calidina vorax*, *Catrypha luna*, *Notommata ansata*, рис. 36 - 38.

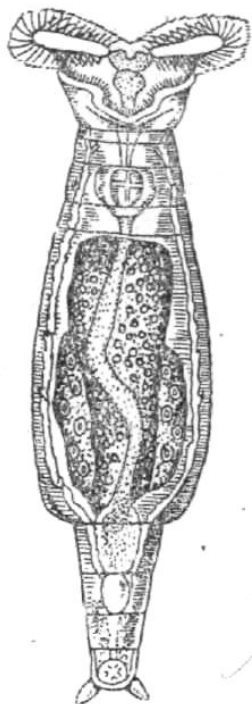


Рис. 36. *Calidina vorax*

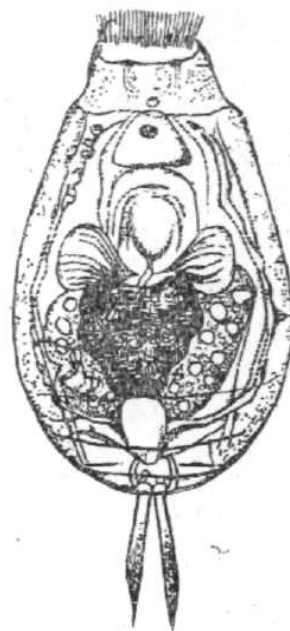


Рис.37. *Catrypha luna*



Рис. 38. *Notommata ansata*

Це організми довжиною до 2,5 мм із складною травною системою і колоруховим апаратом на верхній ротівій частині тіла. Складно побудоване тіло коловороток зазвичай ділять на три відділи: головний, тулубний і ногу, проте у деяких коловороток провести цей поділ неможливо. Коловоротки – хижаки-детритофаги. Живляться бактеріями, найпростішими, детритом. При великій кількості коловороток хлопки активного мулу роздрібнюються і збільшується винос зважених речовин. Проте вони характеризують ефективно працюючий активний мул.

Клас черви – Vermes. Представники: Nematoda, Aelosoma, рис. 39– 40.



Рис.39. Nematoda

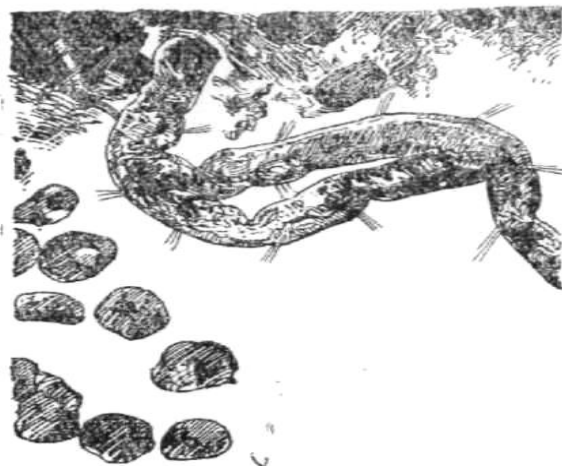


Рис. 40. Aelosoma

В основному – це круглі і щетинкові черви, які живляться муловими частками. Пропускаючи їх через свій кишечник, вони викидають через задньопрохідний отвір мулові частки в вигляді грудочок, склеєних окремих мінералізованих дрібних частинок. Наявність великої кількості Nematod свідчить про замулювання аеротенків та нестачу кисню. Aelosoma є хижаками – детритофагами, які поглинають практично всі організми активного мулу, що знаходяться на різних рівнях ланцюгів живлення. Aelosoma свідчить про добре мінералізований активний мул, зустрічається в активному мулі дуже рідко.

В аеротенках, тобто в складі активного мулу, водорості й комахи, як правило, не зустрічаються, а гриби й ракоподібні присутні в незначній кількості. Слід зауважити, що ведуча роль у процесах деструкції органічних речовин належить бактеріям, а найпростішим відводиться другорядна роль. Проте, їх значення в біоценозі активного мулу велике, тому що тільки бактеріальний мул не здатний забезпечити високий ступінь очищення стічної води. Пояснюється це тим, що під час відсутності найпростіших відмічається інтенсивний розвиток бактеріальної маси і тому при осіданні активного мулу у вторинних відстійниках бактерії утворюють неосідаючу органічну суспензію, тобто проходить винос зважених речовин, які на виході з очисних споруд не відповідають нормативним показникам.

На думку дослідників роль найпростіших розглядається двоякою: це забезпечення санітарного ефекту шляхом поїдання бактеріальної мікрофлори й індикаторна функція. Так як найпростіші більш, ніж бактерії, чутливі до несприятливих умов середовища, всі зміни технологічного режиму відбиваються на складі й чисельності найпростіших: при задовільному очищенні спостерігається розмаїття найпростіших при їх відносно невисокій біомасі, при погіршенні умов існування (токсичність води, недостатня аерація, низька концентрація кисню тощо) скорочується число видів найпростіших, але при цьому часто збільшується їхня біомаса. Тобто, чим більш несприятливі умови, тим менше число видів спостерігається в активному мулі. У випадку подальшого збільшення несприятливих умов найпростіші зникають, що

призводить до різкого збільшення чисельності бактерії. Отже, збільшення числа бактерій свідчить не тільки про інтенсивність очищення, а може бути наслідком і показником токсичності стічної води.

До санітарної й індикаторної ролі найпростіших і інших представників мікрофауни, добавляється функція деструкторів органічних речовин. Для характеристики порядку перетворення органічних речовин існує поняття «трофічний рівень», або рівень живлення. У природних умовах розрізняють рівні організмів, що синтезують органічну речовину (продуценти) і організмів, що використовують готову органічну речовину (консументи). За аналогією із природними екологічними системами, у яких відсутні продуценти, за перший трофічний рівень в аеротенку можна прийняти органічні речовини поступаючих забруднень. Другий трофічний рівень складають бактерії, гриби й джгутикові, що є сапрофітами. Найпростіші мають голозойний тип живлення і відноситися одночасно й до другого трофічного рівня, тому що вони споживають зважені речовини, що надійшли в аеротенк зі стічною рідиною, і третього, оскільки вони живляться бактеріями.

Серед індикаторних організмів в залежності від родів існують також трофічні ланцюги. Так, представники родів *Paramecium*, *Colpidium*, *Vorticella*, *Carchesium*, *Opercularia* охарактеризовані голозойним типом живлення і складають першу ланку трофічного ланцюга.

Друга ланка трофічного ланцюга належить джгутиковим представникам рівновійкових (роди *Chilodonella*, *Trochilla*), спіральновійкових (роди *Aspidisca*, *Oxytricha*, *Opistotricha*), а також деяким багатоклітинним організмам.

Третя ланка пов'язана з хижакими, це інфузорії родів *Euplotes*, *Acineta*, *Tokophria*, деякі джгутикові: *Bodo*, *Peranema trichophorum*); коловертки та малощетинкові черви. Хижі інфузорії, черви й членистоногі, іноді присутні в аеротенку, можуть бути віднесені відповідно до третього і четвертого трофічних рівнів. Співвідношення організмів різних трофічних рівнів в аеротенку визначається технологічним режимом: при високому навантаженні

в мулі переважають організми другого трофічного рівня, при низьких навантаженнях – організми третього і четвертого трофічних рівнів [7].

2.2. Об'єкт, предмет і методи досліджень

Об'єктом досліджень кваліфікаційної роботи є очисні споруди біологічної очистки «Рівнеоблводоканал».

Предмет дослідження: індикаторні організми активного мулу, як показники роботи очисних споруд.

Матеріали і методи дослідження: В роботі використані теоретичні (вивчення літературних джерел, аналіз та узагальнення лабораторних даних), аналітичні (обробка даних хімічного аналізу якості стічних вод) та бактеріологічні методи досліджень. Вихідними даними для виконання досліджень є наукова література, дослідження лабораторій очисних споруд «Рівнеоблводоканал» та власні бактеріологічні дослідження.

2.3. Методи контролю біологічної очистки стічних вод

Для контролю ефективності біологічної очистки стічних вод проводять як хімічний аналіз стічної води, так і гідробіологічний аналіз активного мулу [6,30,37,39].

Хімічний аналіз якості стічної води проводять позмінно (3 рази в добу) згідно затвердженого графіка аналітичного контролю і переліку допущених до використання методик [13,14].

Проби активного мулу відбиралися методом зачерпування активного мулу пробовідбірником з глибини аеротенка (30-40 см). Перед початком аналізу проби ретельно перемішували в колбі і з кожної відливали по 100 мл в мірний циліндр для визначення дози мулу за об'ємом (через 30 хвилин осідання). Друга частина проби використовувалася для мікроскопії і візуальної характеристики активного мулу. Мазки готували з активного мулу після осідання [22]. Загальні властивості активного мулу визначали візуально, враховуючи: колір мулу, характер води над осівшим мулом, запах, швидкість

осідання хлопка активного мулу.

Наступний аналіз здійснювався шляхом мікроскопії активного мулу. З відстояних проб піпеткою з широким отвором брали краплю активного мулу і поміщали на предметне скло. З кожної проби потрібно брати три краплі мулу - з поверхні і з дна посудини, так як організми в залежності від їх маси і поведінкових реакцій розподіляються в товщі посудини нерівномірно. Кожну краплю накривали покривним склом і дивились під мікроскопом.

Для мікроскопії мулу був використаний біокулярний мікроскоп МБІ-3 з рухливим столиком. Мікроскопія фауни активного мулу найкраще проводити при збільшенні 5x10. Деякі індикаторні організми розглядали при максимальному збільшенні. Визначення видового складу проводили за атласом, наявним в лабораторії.

При аналізі фізіологічного стану індикаторних організмів враховували наступні показники: переважаючі групи і види організмів біоценозу, зовнішній вигляд індикаторних організмів, стан скоротливих вакуолей, форма тіла, розміри організмів, наявність цист, наявність відмерлих організмів.

Слід зауважити, що мікроскопія активного мулу свідчить про ту картину очистки, яка відбувається в аеротенку на час відбору проб, а результат хімічного аналізу отримують через 1-5 днів, тобто за цей час можуть пройти значні зміни в роботі очисних споруд.

Гідробіологічний аналіз активного мулу проводиться шляхом мікроскопії мазків в трьохкратній повторюваності і складається з наступних етапів:

- 1). Візуальне дослідження мулу в скляному циліндрі на 100 мл. З'ясовується осідання активного мулу, фіксується прозорість, чи мутність води над осадом мулу, визначається доза мулу за об'ємом у відсотках (показник осаду активного мулу в мл).

- 2). Визначення переліку видів індикаторних організмів в трьох мазках активного мулу;

3). Визначення середнього показника чисельності кожного виду шляхом кількісного рахунку;

4). Опис функціонального стану, особливостей внутрішньої будови, морфологічних змін у індикаторних організмів. Відзначається активність індикаторних організмів, робота війкового апарату, наявність цист, мертвих організмів тощо;

5). Визначення розмірів характерних біоіндикаторів, так як інколи виявляється їхнє помітне здрібнювання, а також для уточнення видової діагностики;

6). Визначення класу біоіндикаторів, що є присутніми у мазку мулу, їхнє відношення до концентрації розчиненого кисню, екологічна пластичність, що розуміється як здатність існувати і пристосовуватися в широкому діапазоні змін середовища аеротенка, стійкість до впливу токсичних стічних вод (закритий війковий апарат, наявність цист, відірвана ніжка тощо);

7). Підсумкова оцінка біоценозу, віднесення його до одного з певних типів активного мулу, характеристика встановленого типу.

РОЗДІЛ 3. БІОЛОГІЧНІ ІНДИКАТОРИ АКТИВНОГО МУЛУ

3.1. Способи вирощування активного мулу

Активний мул є біомасою бактерій, актиноміцетів, грибів і найпростіших, у якій домінують різноманітні бактерії *Zooqloea ramigera*, а найчастіше бактерії роду *Pseudomonas*. Крім них, мул населяють представники родів *Bacillus*, *Arthrobacter*, *Corynebacterium*, *Micrococcus*, *Nocardia*, *Sarcina*, *Mycobacterium* та багатьох інших, а також *Actinomyces*, гриби родів *Mucor*, *Phizopus*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Trichoderma*. Широко представлені в активному мулі найпростіші — джгутикові (*Mastigophora*), саркодові (*Sarcodina*), війчасті (*Ciliata*), сисні (*Suctoria*), інфузорії (*Infusoria*).

Найпростіших, нематод, коловерток та інших розглядають як «індикаторні організми», які є «показниками роботи очисних споруд» [34, 41].

Для одержання біоценозу активного мулу є декілька способів:

– аерація річкової води впродовж 2-3 місяців, додаючи невелику кількість стічної води (до БПКповн = 150 мг/дм³). Як тільки утворяться хлопочки активного мулу, поступово переводять споруди на постійну подачу стічної води. Зазвичай це відбувається через 5-6 місяців. Поступово в міру зростання концентрації активного мулу кількість стічної води збільшують. Швидкість накопичення активного мулу залежить від складу стічної води і її температури. У літній період на це потрібно від трьох до п'яти місяців, тому що необхідно створити «адаптований» активний мул. При нарощуванні активного мулу не треба намагатися досягти повного очищення стічної води, досить зниження біхроматної окислюваності на 50%.

– використання шару донних відкладів з малозабрудненої водойми. Якщо ж відклади беруться із забрудненої водойми, то їх потрібно спочатку регенерувати, тобто аерувати без додавання органічних забруднень, попередньо перевіривши наявність амонійного азоту й фосфору; якщо останні відсутні, то їх варто додати у вигляді мінеральних солей. Після регенерації мулу на споруди подають стічні води з БПКповн не вищим 150 мг/дм³, а потім

у міру одержання стійких результатів очистки й приросту мулу концентрацію органічних забруднень збільшують.

– активний мул ($2-3\text{м}^3$)вноситься з ефективно працюючих очисних споруд в аеротенк.

– нарощування активного мулу без спеціального зараження з використанням спонтанної мікрофлори рідини, що надходить із водойми для розведення виробничих стічних вод, а також бактерій, що надходять із повітря. Подальше нарощування мулу роблять на протоці.

Концентрація мулу повинна бути не менш 2 г/дм^3 по беззольній частині; зі збільшенням концентрації стічних вод варто збільшувати період аерації. У деяких випадках спочатку спостерігається надлишок активного мулу; у міру адаптації мікробів починається приріст мулу. Біологічна активність такого мулу встановлюється на протязі 3-4 діб [39]. При постійному надходженні органічних речовин із стічними водами в аеротенки в активному мулі розвивається бактеріальне населення та мікрофауна.

Активний мул формується з найбільш стійких до стічних вод бактеріальних штамів з відповідними харчовими потребами, видове різноманіття найпростіших визначається ступенем розкладання органічних забруднюючих речовин і свідчить про благополуччя біологічної системи аеротенка, високої ефективності очищення і стійкості біоценозу до впливу токсичних стічних вод. Характер реакції біоценозу активного мулу на несприятливий вплив проявляється в зниженні видової розмаїтості. Чутливі до несприятливого впливу види можуть зникнути зовсім або різко знизити чисельність, у той час як стійкі види стають стійкішими. Якщо дія несприятливого фактору наростає або довго зберігається, будуть задіяні всі нові види біоценозу і при мінімальній видовій розмаїтості спостерігається максимальна чисельність найбільш стійких видів.

Склад бактерій активного мулу дуже різноманітний. Для кожного виду забруднень характерний свій вид бактерій. В аеротенку проходить флокуляція бактерій - утворення хлопка активного мулу за рахунок злипання оболонок

клітин бактерій, а переважаючою формою бактерій при очистці побутових стічних вод є *Zooqlea gamigega*.

Хлопки активного мулу мають надзвичайно велику робочу поверхню і виділяють ферменти, що розщеплюють органічні забруднення до простих речовин. Часто, бактерії, завдяки характерному для кожного виду бактерій певному набору ферментів, спеціалізуються на тому чи іншому типі забруднення, що обумовлює їх паралельну роботу над нейтралізацією забруднюючих речовин стоків.

Поглинаючи велику кількість органічних речовин, бактерії активно діляться, їх маса безперервно зростає. Завдяки створенню хлопків активного мулу, який здатний швидко осідати і відділятися від очищеної води знову включається в процес очищення [29].

На поверхні хлопків та між ними живуть численні невидимі неозброєним оком індикаторні організми (одно - і багатоклітинні). Вони живляться бактеріями, знищують старі непрацездатні і тим самим омолоджують бактеріальне населення мулу. Проте найголовніша їх функція полягає у здійсненні генетичного контролю - вони з'їдають бактерії, що не злипаються у пластівці або відірвалися від них. Якщо ці „хижаки” в мулі відсутні, то очищена вода залишається мутною.

Активний мул на 95 і більше відсотків складається з прокаріотів, здебільшого бактерій, і тільки менше 5% біомаси мулу становлять найпростіші.

3.2. Фази розвитку мікроорганізмів в активному мулі

Основою використання мікроорганізмів в очистці стічної води є їх здатність до швидкого розмноження і в зв'язку з цим велика швидкість поглинання забруднюючих речовин. Інтенсивність розмноження мікроорганізмів визначається багатьма факторами, але в першу чергу наявністю поживних речовин. Тому динаміка росту культури і її фізіологічний стан будуть суттєво відрізнятися в залежності від того, чи наявне постійне

надходження живлення, чи зменшується. Динаміка росту культури прямо пропорційна надходженню живлення і проходить 4 фази [43].

Ляг-фаза (фаза пристосування). Тривалість цієї фази залежить від адаптованості мікроорганізмів до органічних речовин, що наявні в середовищі. Швидкість росту бактерій постійно збільшується до своєї максимальної величини, котра досягається до початку наступної фази.

Експотенціальна (фаза розвитку). Фаза експотенціального росту є періодом найшвидшого розвитку мікроорганізмів, всі поживні речовини наявні в надлишку, і розвиток не гальмується продуктами обміну речовин. В замкненій системі поживні речовини з часом вичерпуються, і нестача їх стає лімітуючим фактором росту. Роль мікроорганізмів спочатку сповільнюється, а згодом припиняється, і культура переходить в наступну фазу.

Стаціонарна фаза, в якій існує рівновага між ростом живих і розпадом відмерлих клітин. Біомаса залишається постійною величиною і з часом переходить в наступну стадію.

Фаза інтенсивного відмирання клітин. В цій фазі настає спочатку повільний, а згодом швидкий розпад клітин. Із зміною складу середовища відбувається фізіологічна зміна клітин. Всі клітини проходять цикл розвитку від „молодості” до „старості” [38].

3.3. Характеристики активного мулу очисних споруд

Стан активного мулу і здатність його до очистки стічних вод подається на основі аналізів, які виконуються лабораторіями всіх очисних споруд. Фауна біоценозу активного мулу й характер бактеріальних скупчень залежать від складу стічних вод і для очисних споруд різних промислових підприємств дуже специфічна. Візуально відмічається швидкість осідання хлопка активного мулу, характер води над осівшим мулом та стан мулу при мікроскопії, де відзначають характер хлопка (великий, дрібний, щільний, пухкий, розмитий) і видовий склад організмів і їх поведінкових реакцій.

Розрізняють наступні характеристики активного мулу[30]:

Задовільно працюючий мул. Хлопок активного мулу компактний, осідає мул швидко. У такому мулі велика кількість індикаторних організмів по видовому складу при невеликій кількісній перевазі якого-небудь із видів. Всі організми активні, війковий апарат відкритий. Переважають *Aspidiska*, *Opercularia*, *Carchesium*, *Epistylis*, *Callidina*.

Перегружений мул – не справляється із поступаючими забруднюючими речовинами. Флокуляція ослаблена, структура мулу із дрібними пухкими хлопками, котрі легко виносяться із вторинних відстійників. Вода над мулом мутна від присутності бактерій і завислих частинок. З'являються бактеріофаги, здатні переносити нестачу кисню. Можуть бути присутніми невеликі колонії *Opercularia coarctata*, *Opercularia microdiscum* і цілий ряд екоформ *Vorticella mikrostoma*. Зооїди переповнені травними вакуолями, перистомальний диск, як правило, закритий. Із вільноплаваючих інфузорій частіше за інших зустрічається *Paramecia caudatum*; велика нестача кисню і наявність гнильних бактерій. Єдиний вид коловороток, що мешкає в умовах великих навантажень — *Rotatoria neptunia*. В активному мулі присутні безколірні джгутикові.

Помірно нагружений мул (добре працюючий) формується при більш низьких органічних навантаженнях. Фауна біоценозу різноманітна, переважають декілька видів. Хлопки мулу мають властивості, необхідні для хорошої очистки: вони помірних розмірів, компактні, що забезпечує велику поверхню для сорбції забруднень і в той же час викликає хороше осідання мулу у вторинних відстійниках. За характером живлення в помірно-нагруженому мулі переважають бактеріофаги. З'являються спіральновійчасті інфузорії (*Aspidiska*, *Oxytricha*) і в значній кількості перитрихи (*Vorticella*, *Opercularia*, *Carchesium*, *Epistylis*).

Завдяки помірній кількості бактеріофагів чисельність вільних бактерій у біоценозі різко скорочується й вода помітно освітлюється. Особливо ефективна діяльність седиментаторів, що поглинають величезну кількість

бактерій, в основному патогенних, а також сприяючих злипанню і подальшому осіданню бактеріальних суспензій. Із коловороток можуть зустрічатися лише деякі види (*Eriphanes senta*, *Rotaria rotatoria*), що харчуються дрібними джгутиковими і бактеріями. Іноді в помітних кількостях розвивається *Proales sigmoidea* — вид, пожираючий зооїди перитрих. Малоцетинкові черви представлені видом *Aeolosoma*, що живляться поверхневими шарами хлопків активного мулу. Осідання мулу швидке, вода над мулом прозора.

Мул при низьких навантаженнях формується при пониженому рівні органічного живлення в надлишку мінерального азоту (нітритів і нітратів). Він відрізняється різноманітністю фауни – зустрічаються всі основні групи організмів активного мулу. Хлопки мулу великі, щільні, добре осідаючі, але мають відносно невелику поверхню. Осідання мулу швидке, вода над ним прозора в зв'язку з невеликою кількістю вільних бактерій. Фауна раковинних амєб звичайно різноманітна (*Pamphagus*, *Arcella*, *Centropyxis*, *Euglypha*). Кількість може перебільшувати представників інфузорій, але тут вони представлені іншими екологічними формами. Особливо добре це помітно на перитрихах: насиченість їх знижується, тіло витягується, ротовий отвір широко відкритий утворює раструб (приспосовання для кращого вловлювання бактерій). Нерідко зустрічається *Vorticella nutans* – вид з пониклою формою зооїда. *Vorticella microstoma* завжди з відкритим перистомом, поряд з типовими особинами розвивається форма, у якої ширина ротового отвору не менше максимального діаметра зооїда. Стебла в більшості прикріплених інфузорій добре розвинені, довгі. Присутні всі групи одноклітинних хижаків, що використовують бактеріофагів як здобич. При продовженій аерації в даному активному мулі з'являються представники й верхньої ланки харчових зв'язків — багатоклітинні безхребетні (хижаки й детритофаги). В основному це різноманітні види коловороток, з яких *Lecane bula*, *Colurella*, *C. obtusa*, *Encentrum putorius*, *Rotatoria elongata* і деякі інші, які періодично дають спалахи масового розмноження.

Голодаючий активний мул розвивається при дуже низькій

концентрації органічних речовин і відповідно малій кількості вільних бактерій. Хлопки мулу поступово тоншають, стають прозорими, і в кінцевому розрахунку відбувається їхній розпад. Вода над мулом із дрібною неосідаючою каламуттю результат деградації хлопків. У ній відсутні харчові умови для нормального розвитку й розмноження бактеріофагів. На перших стадіях голодання відбувається здрібнення найпростіших, в основному прикріплених інфузорій. У їхньому тілі пропадають харчові вакуолі, зооїди стають прозорими, добре проглядаються ядра. При подальшому голодуванні виникають стадії спокою – цисти, що спричиняє поступове збіднення фауни аж до повного зникнення з товщі води всіх активних організмів. Зміни особливо добре простежуються на прикладі *Vorticella microstoma*: у процесі голодування цього виду можна спостерігати всі переходи від особин із широко відкритим перистомом до форм, що переходять до інцистування й прийняли шароподібний вигляд, але ще прикріплених до субстрату, і, нарешті, до дрібних щільних цист, що відділилися від стебел. Здрібнення, зміна форми, зниження активності й інцистування при голодуванні характерні також і для хижаків, але в них цей процес запізнілий у порівнянні з бактеріофагами. Останніми переходять у неактивний стан коловертки.

Крім харчових умов на характер активного мулу роблять вплив інші фактори. Найчастіше доводиться мати справу з наступними порушеннями стану організмів. При нестачі кисню в активному мулі переважають бактерії і джгутикові, з інфузорій – *Paramecium caudatum*. Зооїди перитрих відриваються в колонії, у яких з'являється багато порожніх стебел. При сильному порушенні кисневого режиму різко збільшується скоротливість вакуоль, що може викликати розрив зооїдів. Поступово активність організмів знижується, війки працюють погано, з'являється багато нерухомих особин. Коловертки нерухливі, застигли у витягнутому стані, та відмирають.

При масових скидах промислових стічних вод, особливо в тих випадках, коли мул не адаптований до умов очисних споруджень, відбувається різке пониження життєдіяльності організмів активного мулу: спостерігаються

деформація зооїдів, припинення роботи війок, закриття перистому в перитрих, здрібніння особин. Велика розмаїтість джгутикових. При сильних токсичних впливах настає загибель населення активного мулу [40, 41].

3.4. Оцінка роботи очисних споруд біологічної очистки «Рівнеоблводоканал» за індикаторними організмами

Аналіз роботи очисних споруд біологічної очистки за індикаторними організмами на очисних спорудах ВАТ «Рівнеоблводоканал» проведений 23.09.2019р. та 14.09.2020 р.

Побутові стічні води м.Рівне та промислові стічні води ВАТ «Рівнелъон», фабрики нетканих матеріалів та риббази поступають по колектору на біологічну очистку очисних споруд.

Біологічна очистка стічних вод включає споруди:

- механічної очистки: решітки-дробилки, пісколовки, первинні відстійники;
- біологічної очистки: аеротенки, вторинні відстійники;
- обеззаражування стічних вод: контактний резервуар.

Мікроскопія активного мулу дала можливість оцінити стан активного мулу, його здатність до переробки забруднень і визначила ефективність очищення стічної води в спорудах біологічної очистки. Оцінка процесу очищення стічної води залежить від фізіологічного стану організмів активного мулу [23]. Кожен вид бактерій завдяки певному набору ферментів спеціалізується на тому чи іншому виді забруднень. Експериментально встановлено, що цикл розвитку популяцій мікроорганізмів складається з п'яти стадій (прихована, логарифмічна, стаціонарна, відмирання бактерій, стабілізації активного мулу), а перехід з однієї стадії в іншу обумовлюється концентрацією органічних речовин в стічній воді, які використовує для харчування біоценоз в даному аеротенку.

Для мікроскопії активного мулу використовували бінокулярний мікроскоп МБІ-3 з рухливим столиком і освітлювачем 01-19.

При аналізі фізіологічного стану індикаторних організмів враховували наступні показники:

- переважаючі групи і види організмів біоценозу, де індикаторами стану активного мулу були тільки організми, що зустрічаються в ньому в значних кількостях;
- форма тіла, яка міняється в прикріплених війчастих інфузорій при дії різних факторів. При високій забезпеченості органічних забруднень форма тіла організмів розширена, майже округла або бочкоподібна; при низькій – відбувається витягування тіла організмів і розширення передротової області. При нестачі кисню зооїди роздуваються аж до розриву. Токсичні речовини викликають виникнення різних каліцтв (вм'ятини, складки, асиметрія тощо);
- стан війчастого апарату в прикріплених війчастих інфузорій (відкритий, закритий);
- інтенсивність роботи війчастого апарату, що забезпечує харчування і рух інфузорій (інтенсивна, слабка, повна нерухомість). Рух війок залежить від температури й хімічного складу води в аеротенку;
- розміри організмів (нормальні, укрупнені, дрібні), які пов'язані з умовами живлення і токсичністю середовища;
- наявність цист (щільної захисної оболонки). Це процес біологічного пристосування більшості найпростіших, що забезпечує їхнє збереження у період несприятливих для їхнього існування природних умов. У процесі утворення цист тварини округляються, а при поверненні сприятливих умов цисти розкриваються і найпростіші знову стають активними;
- наявність мертвих організмів, які при несприятливих умовах не встигають інцистуватися, в зв'язку з різкою зміною життєвих факторів. При несанкціонованому скиді токсичних стічних вод промислових підприємств може спостерігатися масова загибель як бактерій, так і індикаторних організмів.

При аналізі активного мулу на очисних спорудах біологічної очистки «Рівнеоблводоканал» нами встановлено, що переважна більшість

індикаторних організмів перебувала в формі цист, отже, переживала несприятливі для їх існування умови. Зустрічалися поодинокі види *Paramecium caudatum*, *Amoeba radioza*, нитчасті. Відмічена низька концентрація активного мулу, потоншені дрібні хлопки, які розпадаються, дрібна неосідаюча муль води над осадам, що дало можливість дати характеристику активного мулу. Це перевантажений активний мул [23].

Наші висновки були підтверджені хімічним аналізом стічної води, яка була відібрана на виході з очисних споруд (скидний канал). Основні показники якості води на виході з очисних споруд мали такі значення: зважені речовини - 24 мг/дм³ (N - 12 мг/дм³); азот амонійний - 4,1 мг/дм³ (N - 10 мг/дм³); БПК₅ - 21 мг/дм³ (N - 10 мг/дм³), азот нітратний 1,2 мг/дм³ (N - 0,02 мг/дм³).

Розширений повторний аналіз показав трохи кращі результати. Для дослідження були відібрані проби стічної води на вході і виході з очисних споруд на хімічний аналіз, який був виконаний фахівцями атестованої лабораторії очисних споруд (табл.1) [23].

Таблиця 1

Якість стічної води очисних споруд «Рівнеоблводоканал»

№ з/п	Назва забруднюючої речовини	Концентрація забруднюючої речовини, мг/дм ³			% очистки
		Вхід в аеротенк	Вихід з аеротенка	Після вторинного відстійника	
1	Зважені речовини	169	3704,0*	21,6	87,2
2	Азот амонійний	27,9	5,9	5,8	78,9
3	Нітрати	не визначено	23,0	23,0	
4	Нітрити	не визначено	0,58	0,57	
5	БСК ₅	172,0	28,0	27,9	83,7
6	Фосфати (PO ₄ ³⁻)	8,9	5,2	5,2	41,6

Примітка: 3704,0* - концентрація муло-водяної суміші.

Паралельно з хімічним аналізом проведена мікроскопія активного мулу. Оцінка життєздатності біологічної системи (активного мулу) проводилася за певними параметрами, до яких відносяться: концентрація активного мулу, доза мулу за об'ємом та кількісний і якісний стан індикаторних організмів. Проби активного мулу були відібрані в трьох точках аеротенка.

При аналізі активного мулу на очисних спорудах біологічної очистки «Рівнеоблводоканал», який проводився 14.09.2020 р. нами визначені основні параметри активного мулу:

- об'єм активного мулу становив 807 см³/л;
- концентрація активного мулу – 218,1 см³/г.

Структура мулу із дрібними пухкими хлопками, осідає мул погано, вода над мулом мутна від присутності завислих речовин, при відстоюванні мул спухає [23].

При мікроскопії мазків активного мулу виявлено: хлопок мулу дрібний, розмитий, індикаторних організмів незначна кількість, проте видовий склад різноманітний (табл.2).

Таблиця 2

Характеристика активного мулу очисних споруд «Рівнеоблводоканал»

Місце відбору проб в аеротенку	Видовий склад індикаторних організмів	Кількісний склад індикаторних організмів	Якісна характеристика
Місце поступання стічних вод в аеротенк	<i>Aspidiska costata</i>	2	Мікроорганізми дрібні, форма тіла видовжена, війковий диск у інфузорій нерухомий, присутні сисні інфузорії класу <i>Suctorina</i> , нитчасті бактерії та цисти.
	<i>Vorticella alba</i>	2	
	<i>Vorticella convalaria</i>	1	
	<i>Euplotes charon</i>	3	
	<i>Podophria fixa</i>	3	
	<i>Arcella discoides</i>	1	
Середина аеротенка	<i>Aspidiska costata</i>	4	Мікроорганізми дрібні, основні представники видів класу <i>Ciliate</i> ,
	<i>Vorticella alba</i>	2	

	<i>Vorticella convalaria</i>	6	активність незначна, є цисти, багато нитчастих бактерій і мертвих організмів.
	<i>Podophria fixa</i>	1	
	<i>Callidina vorax</i>	2	
	<i>Epistilis plicatilis</i>	3	
На виході із аеротенка	<i>Aspidiska costata</i>	5	Присутні організми класу <i>Ciliate</i> дрібні, збільшилась кількість видів класу <i>Rotatoria</i> , організми малоактивні, частина в стані анабіозу, є цисти, багато нитчастих.
	<i>Vorticella convalaria</i>	4	
	<i>Callidina vorax</i>	3	
	<i>Epistilis plicatilis</i>	5	
	<i>Nematoda</i>	1	
	<i>Notomata ansata</i>	2	

За даними досліджень, встановлено, що активний мул перенавантажений, біоценоз з незначним кількісним складом, організми пригнічені, багато нитчастих бактерій, що свідчить про надмірну кількість забруднюючих речовин в аеротенках. Наші висновки підтвержені хімічним аналізом стічної води з аеротенків. Так, ефективність очистки основних забруднюючих речовин від 41,6 до 87,2%, при незначних концентраціях цих речовин на вході в аеротенк. Слід зауважити, що процеси органічного окислення забруднюючих речовин та нітрифікації проходить не в повній мірі, про що свідчать високі концентрації БСК₅ і значна кількість нітритів на виході з аеротенків. Загалом досліджувані очисні споруди біологічної очистки є перегруженими і працюють неефективно [23]. Стічні води на скиді в річку Устя не відповідають вимогам ГДС та негативно впливають на якість води в річці.

ВИСНОВКИ

В результаті проведених досліджень було встановлено:

1. Біологічне очищення стічних вод очисних споруд «Рівнеоблводоканалу» здійснюється біоценозом активного мулу. Фауна біоценозу й характер бактеріальних скупчень залежать від складу стічних вод. Переважаючою формою бактерій при очистці стічних вод являється *Zooglea ramigera*.
2. Аеробна біологічна очистка стічних вод проводиться в аеротенках і заключається в створенні в резервуарах із стічною водою завислого шару хлопків активного мулу, в якому розвивається бактеріальне населення та мікрофауна. Бактерії виділяють ферменти, що розщеплюють органічні забруднення до простих речовин, проводячи очистку стічної води.
3. Основні параметри активного мулу: об'єм активного мулу 807 см³/л; концентрація активного мулу – 218,1 см³/г. Структура мулу – дрібні пухкі хлопки, осідає мул погано, вода над мулом у вигляді опалесценції. при відстоюванні мул спухає.
4. Мікроскопія активного мулу свідчить, що в аеротенку індикаторних організмів незначна кількість, проте видовий склад різноманітний. В усіх пробах наявні *Aspidiska costata*, *Vorticella convallaria*, *Callidina vorax*. Поодинокі присутні паразити *Podophria fixa*. На середині та виході з аеротенка появляється *Epistilis plicatilis* та *Notomata ansata*, що свідчить про більш інтенсивну очистку, тобто зменшення навантаження стічних вод на активний мул.
5. Активний мул перенавантажений, біоценоз з незначним кількісним складом, організми пригнічені, багато нитчастих бактерій, що свідчить про надмірну кількість забруднюючих речовин в аеротенках.
6. Очисні споруди біологічної очистки „Рівнеоблводоканалу” є перегруженими і працюють неефективно. Стічні води на скиді в річку Устя не відповідають вимогам ГДС та негативно впливають на якість води в річці.
7. Рекомендація зменшити кількісний та якісний склад стічних вод на вході в очисні споруди шляхом розробки заходів абонентами -забруднювачами води.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Аэробные процессы биохимической очистки сточных вод / Режим доступа:http://libertydoc.net/books/mikrobiologicheskoe_proizvodstvo_bav.t.62.aerobnye_processy_biohimicheskoi_ochistkistochnyh_vod
2. Биологическая очистка сточных вод. Московский ин-т повышения квалификации руководящих работников и специалистов химической промышленности, Москва 1978.
3. Білявський Г.О., Падун М.М., Фурдуй Р.С. Основи загальної екології: Підручник/ Київ : Либідь, 1993. 304с.
4. Білявський Г.О. та ін. Основи загальної екології: підр. для студентів природничих факультетів вузів Київ : Либідь, 1995.
5. Боровский Е.О. Экологические проблемы сточных вод // Химия в школе, Москва 2005. №5.
6. ВОДГЕО Рекомендации по методам производства анализов на сооружениях биохимической очистки промышленных сточных вод. Стройиздат Москва, 1970.
7. Гасилина М.М. Биологические вещества, выделяемые водными водными растениями как фактор бактеріального самоочищення водоемов. Автореф. дис. ...канд. биол. наук. М.,1963. 18 с.
8. Голубовская Э.К. Биологические основы очистки воды. Учебное пособие для студентов строительных специальностей вузов. Москва : Высшая школа, 1978. 268с.
9. Голубовская Э.К..Биологические основы очистки воды / Высшая школа. 1978. 268 с...
10. Голубовская Э.К. Микроорганизмы очистных сооружений: Учебное пособие. Ленинград : ЛИСИ, 1985.
11. Грицина,О.О. Підвищення ефективності роботи аеротенків для глибокої очистки міських стічних вод від сполук азоту: XIV міжнар. наук.-практическая конференция /Екологія. Людина. Суспільство.

- Київ: Національний технологічний університет України «КПІ», 2011. С. 50–51.
12. Жмур Н. С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками. Москва : АКВАРОС, 2003. 512 с.
 13. Жмур, Н. С. Управление процессом и контроль результата очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками / Москва : Луч, 1997. 118 с.
 14. Інструкція з охорони праці № 15 - 39 лаборанта хімічного аналізу лабораторії цеху нейтралізації і очистки промислових стічних вод централізованого відділу технічного контролю Рівне: 2005.
 15. Ковальчук В.А. Очистка стічних вод. Рівне: ВАТ „Рівненська друкарня”, 2002.
 16. Корвин Л.К. Аэробная стабилизация активного ила (теория и практика). М.: Лесная промышленность, 1990. 128 с.
 17. Кондратюк Є.М., Хархота Г.І. Словник-довідник з екології. Київ : Урожай, 1987. 160с.
 18. Кульський Л.А. и Даль В.В. Чистая вода и перспективы ее сохранения. Київ, «Наукова думка», 1978.
 19. Кульський Л.А., Левченко Т.М., Петрова М.В. Химия и микробиология воды : практикум / Київ : Вища школа, 1987. 172 с.
 20. Кульський Л.А., Строкач П.П. Технология очистки природных вод: Учеб. Пособие для студентов вузов. Київ : Вища школа, 1981. 327с.
 21. Кутикова Л.А. Фауна аэротенков (атлас). Академия наук СССР, зоологический институт. Ленинград изд-во «Наука», 1984.
 22. Микробиология. Лабораторные работы. Вексерчик К.Н. Изд-кое объединение «Вища школа», 1976.
 23. Мельник В.Й., Нечай К.В. Біоценоз активного мулу очисних споруд «Рівнеоблводоканал»/ Матеріали VI Всеукраїнської науково-практичної конференції «Актуальні проблеми науково-промислового комплексу регіонів 2020», 13-17 квітня 2020 р. м. Рубіжне. С.92-94.

24. Овчаров Л. Ф. Бактерии рода *Pseudomonas* – деструкторы ионогенных ПАВ: автореф. дис. ... канд. биол. наук :03.00.07 / Акад. наук Беларуси, Институт микробиологии. Минск, 1992. 18 с.
25. Олійник, О.Я., Айрапетян Т.С. Моделивання очистки стічних вод від органічних забруднень в біореакторах-аеротенках зі зваженим (вільно плаваючим) і закріпленим біоценозом / Доповіді НАНУ, 2015. № 5. С.55-59.
26. Олійник О.Я., Айрапетян Т.С. Розрахунок кисневого режиму при біологічному очищенні стічних вод в аеротенкахзмішувачах з закріпленим і зваженим біоценозом / Науковий вісник будівництва. Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2018., 98, №4. С. 187 – 191.
27. Основи екології. Навчальний посібник для підприємств зв'язку. За редакцією М.М. Назарука. Львів, 1997.
28. Проценко, С. Б., Гіроль А. М. Сучасний стан та задачі систем водовідведення в малих населених пунктах України / Водопостачання та водовідведення. 2014. № 4. С. 14–27.
29. Петрова Е.Э., Тарасюк В.П. Обоснование структурной схемы электронной системы контроля илового индекса в аэротенке. Сб. Интернет-конф. / Информационные и управляющие системы в промышленности, экономике и экологии», 2011. Режим доступа: <http://masters.donntu.org/2012/fkita/petrova/library/article5.htm>.
30. РНД 31–05–2007. Методичні рекомендації з виконання гідробіологічного аналізу активного мулу аеротенків Міністерство з питань житлово – комунального господарства України, 2007. 14 с.
31. Роговская Ц.И., Лазарева М. Ф. Очистка сточных вод. «Водоснабжение и Санитарная техника», 1956.
32. Ротмистров М.Н., Гвоздяк П.Н., Ставская С.С Микробиология очистки воды. Київ Наукова думка, 1978. 268 с.

33. Сафранов Т.А. Екологічні основи природокористування: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. Львів : „Новий світ 2000”, 2003. 248 с.
34. Святенко А.І., Дяденко Н.П., Нечипоренко-Шабуніна Т.Г. Дослідження зміни ефективності очищення стічних вод в аеротенках під впливом різних чинників / Екологічна безпека . К., 2011. № 11. С.64 – 66.
35. Сівак В. М., Щодро О. Є., Пилипей М. І. Вплив розташування аераторів на масообмін і гідродинаміку аеротенків/Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки: Науково-технічний збірник. Випуск 27. Київ: КНУБА, 2016. С. 351 - 359.
36. Нові технології біологічного очищення господарсько-побутових і виробничих стічних вод /Л.А. Саблій, Є.В. Кузьмінський, В.С. Жукова, М.Ю.Козар // Водопостачання та водовідведення. 2014. № 3. С. 24-33.
37. Таубе П.Р., Баранова А.Г. Химия и микробиология воды. Москва : Высшая школа, 1983. 280 с.
38. Чубанова И.Н. Микробиология. Учебн. Для вузов по специальности. «Рациональное использование водных ресурсов и обезвреживание промышленных стоков». Москва «Высш. шк.»,1987.
39. Шатохіна, Ю. Забезпечення контролю якості стічних вод / Метрологія та прилади. 2015. № 5 (55). С. 67–71.
40. Шатохіна, Ю. Контроль функціонування аеротенку за фізичними показниками нитчастих бактерій [Текст] / Метрологія та прилади. 2013. № 2 (40). С. 60–63.
41. Юрченко, В. А., Дяговец Я. С., Хромнкова Е. С., Остапова А. С. Использование микроскопирования для оценки экологически значимых характеристик различных микробиоценозов /Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. 2010. № 52. С. 60–65.

42. Яковлев С.В., Карелин Я.А., Жуков А.И., Колобанов С.К. Канализация. Учебник для вузов. Изд. 5-е, перераб. И доп. М., Стройиздат, 1975. 632с.
43. Яковлев С.В., Карюхина Т.А. Биохимические процессы в очистке сточных вод. Москва тройиздат, 1980. 200 с.
44. Wang P., Yu Z., Qi R., Zhang H. Detailed comparison of bacterial communities during seasonal sludge bulking in a municipal wastewater treatment plant /Water Research. 2015. Vol. 105. P. 157–166. doi: 10.1016/j.watres.2016.08.050.
45. Drolka, M. The Results of Mathematical Model and Pilot Plant Research of Wastewater Treatment, Model and Wastewater Treatment [Text] / Chem. Biochem. Eng. Q. 2001. Vol. 15, Issue 2. P. 71–74.