

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Факультет технологій і дизайну
Кафедра хімії та хімічної інженерії
КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Удосконалення доочистки побутових стічних вод перед стадією
зnezараження

Галузь знань 16 - «Хімічна та біоінженерія»

Спеціальність 161 – «Хімічна технологія та інженерія»

Освітня програма – «Хімічна технологія та інженерія»

ДРХТІ. 018022.22.06.00

Виконала: здобувач 2 курсу,

група ХТІм – 22 – 1

Анастасія КУБАЄНКО

Керівник: кандидат хім. наук, доцент

Василь НЕЗДОРОВІН

Нормоконтролер:

Олександр СТРЕМЕЦЬКИЙ

До захисту допускаю:

Зав. кафедри хімії та хімічної інженерії

Ольга ПАРАСКА

2023 р.

Хмельницький, 2023

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота “Удосконалення доочистки побутових стічних вод перед стадією знезараження”.

Автор кваліфікаційної роботи – здобувач 2 курсу, групи ХТІм-22-1
Анастасія КУБАЄНКО

Керівник проекту – кандидат хім. наук, доцент Василь НЕЗДОРОВІН

Обсяг пояснювальної записки _____ сторінок, рисунків _____,
таблиць _____ джерел _____, графічної частини _____, слайдів у програмі
„Презентація” _____

Ключові слова: ПОБУТОВІ СТІЧНІ ВОДИ, ЗАВИСЛІ РЕЧОВИНИ, ФІЛЬТРУВАННЯ, АДСОРБЦІЯ, ОЧИЩЕННЯ, ЗНЕЗАРАЖЕННЯ.

Мета роботи – доочистка побутових стічних вод перед стадією знезараження.

Об’єкт дослідження – доочищена побутова стічна вода перед стадією знезараження.

Предмет дослідження – технологія водоочищення побутових стічних вод

В роботі доведено що використання активованого вугілля БАУ-А доцільне для доочищення побутових стічних вод перед стадією знезараження.

Здобувач 2 курсу, групи ХТІм-22-1

Анастасія КУБАЄНКО

Дата подання роботи до захисту 21.12.2023

ЗМІСТ

.....	C
Вступ	6
1. Аналіз джерел науково-технічної інформації проблем побутових стічних вод.....	7
1.1 Екологічний стан поверхневих водних ресурсів.....	7
1.2 Екологічний стан підземних водних ресурсів.....	9
1.3 Категорії стічних вод.....	12
1.4 Характеристика забруднень стічних вод.....	13
1.5 Природоохоронні технології захисту водного середовища.....	17
2 Об'єкти та методи досліджень.....	20
2.1 Сучасні методи очистки побутових стічних вод	20
2.1.1 Механічне очищення	20
2.1.2 Біологічні методи очищення	23
2.1.3 Фізико-хімічні методи очищення.....	25
2.1.4 Знезараження стічних вод сучасними та перспективними методами.....	27
2.1.5 Господарсько побутові стічні води та методи їх очищення.....	31
2.1.6 Очищення господарсько-стічних вод інноваційним методом на фільтрах з волокнисто-пінопластовим завантаженням.....	35
2.2 Очищення побутових стічних вод інноваційним методом мембранного розподілу.....	42
2.3 Технологічні схеми очищення побутових стічних вод.....	46
2.3.1 Методи очищення стічних вод.....	46
2.3.2 Технологічна схема механічного очищення стічних вод.....	52
3 Експериментальна частина.....	64
3.1 Видалення завислих речовин з води активованим вугіллям БАУ-А в статичних умовах	69

3.2 Вивчення кінетики адсорбції активованого вугілля БАУ-А	
в динамічних умовах.....	73
Висновки.....	82
Перелік джерел посилання.....	83

Вступ

Водне господарство є однією із підрозділів водогосподарського комплексу, який займається питаннями обліку, вивчає, планує, як раціонально використовувати водні ресурси і охороною підземних і поверхневих вод від виснаги і забруднення, а також доставкою їх до місця призначення. Водне господарство включає в себе господарсько-побутове водопостачання води, подання води на промислові підприємства, використання води в сільському господарстві, сюди входить: зрошування, водопостачання, обводнювання, осушування полів, а також подачу води на теплові, атомні електростанції. Займається питаннями доставки води для розведення риби, сплавлення лісу, а також до спортивно-оздоровчих комплексів.

Одним із питань, якими займається водне господарство є знаходження заходів, які направлені на боротьбу з деструктивною дією водної стихії: повені, затоплення, сповзи землі тощо. В даний час водне господарство України охарактеризовується дальнішою інтеграцією, підвищенням впливання на розвинення та розташування продуктивної сили певних територій, а також і ростом значення води, яка є одним із головних компонентів господарства нашої країни[1].

На території України вже збудовано та продовжують будувати гідротехнічні спорудження і водогосподарські системи, здійснюється меліорація полів, територіальний перерозподіл, регулювання стоку (внутрішній і сезонний), своєчасно попереджають про шкідливі наслідки дії води, та інші водогосподарські заходи.

1. Аналіз джерел науково-технічної інформації проблем побутових стічних вод

1.1 Екологічний стан поверхневих водних ресурсів

На сьогодні водні ресурси в природних умовах створюються за басейновим правилом: річки являються динамічною системою, яка підлягає зональним законам. Згідно зі Статтею 13 Водного кодексу України використання та охорона вод й відтворення водних ресурсів відбувається за басейновим правилом на основі державних, міждержавних і регіональних програм [2].

Ця проблема водозабезпечення вирішується Держводагентством України з урахуванням територіального та сезонного перерозподілу водних ресурсів та звертаючи увагу на природно-кліматичні умови певних територій України. У регіонах, які мало забезпечені водними ресурсами велике значення мають магістральні водні канали комплексного призначення, по яких кожен рік поступає близько 3 млрд. м³ води.

В Україні головною ціллю є забезпечення потреби води для населення та підприємств. Із цією метою в Україні побудовано: 1103 водосховищ - загальний об'єм більш 55 млрд. м³ та біля 49 тис. ставків; 7 великих каналів, довжина яких 1021 км; 10 водоводів великого діаметра, по яких воду подають у регіони України де мала кількість річок.

В Україні основна частка зарегульованого стоку води належить дніпровському водосховищу – загальний об'єм становить 43,8 млрд. м³ і корисний об'ємом становить 18,5 млрд.м³. Усі 6 водосховищ дніпровського каскаду мають комплексне призначення. Потенціальний об'єм води, який використовується із каскаду дніпровських водосховищ, а також вода, яку переправляють регіони з малою кількістю річок, складає 17 млрд. м³ за рік, чи 49 % річкового стоку із малою кількістю води протягом року. Зазвичай, фактичний забір води буває набагато меншим. Дуже багато води із руслу

річки Дніпра було використано для різноманітних потреб та переправлено в басейни других річок у – близько 16 млрд. м³. На сьогодні об'єм використання води із Дніпра (каскаду водосховищ) зменшився до 5,3 млрд. м³, а у 2016 році зменшився до 4,9 млрд. м³.

Якість води являється основною характеристикою будови та властивостей води як складової водної екосистеми й середовища для життя гідробіонтів, придатності води для певних цілей застосування.

Екологічне і водогосподарське – це два дійсно різних поняття якості води, які у даний час конкретно виділяються в світі та в Україні.

Екологічне поняття якості води базується на природній поверхневій воді. Екологічне поняття якості води являється: 1) самою важливою складовою частиною водних екосистем, а її якість являється наслідком їх існування; 2) вода водоймищ та водотоків являється головним середовищем для існування рослинного і тваринного світу.

Якість води у водогосподарському понятті являється ресурсом для усіх галузей промисловості і сільського господарства, яка показує чи є придатною чи не відповідає за своєю будовою та особливостями для певних видів використання води.

Зупиняючись на цих двох поняттях розуміння - «якість води», порядок класифікації і нормативи оцінювання якості водних об'єктів поділяють на три головні класи: екологічний, санітарно-гігієнічний та водогосподарський. Кожному класу відповідають певні характеристики, які чітко розрізняють класи між собою, підтверджуючи їх специфіку. В екологічному класі – це трофність, сапробність, галобність, токсичність води. Основною функцією екологічної класифікації та нормативів є охорона навколишнього середовища, а саме водних екологічних систем від антропогенного натиску, покращення їх стану; застосування екологічних нормативів та класифікацій якості води у період проведення водоохоронних

міроприємств, зберігання біологічних різновидів у водосховищах; у санітарно-гігієнічному класі – еталони, які надійно охороняють здоров'я людей; у водогосподарському класі – різні потреби галузей економіки, промисловості, сільського господарства, які застосовують або вживають воду природних та штучних водних об'єктів землі. Клас водогосподарської систематизації та нормативів оцінювання якості води можливо розділити на три підкласи: для використання в рибному господарстві, промисловості та сільському господарстві [3].

1.2 Екологічний стан підземних водних ресурсів

У зв'язку із нерівномірним розміщенням водних ресурсів на території нашої країни, виникають зони надлишкового та недостатнього забезпечення водою. Українські експерти стверджують, що за стандартами показниками ООН Україна за своїм резервом поверхневих і підземних водних ресурсів відноситься до держав, малозабезпечених. Тільки Закарпатська область за міжнародною класифікацією належить до середньо забезпечених місцевим стоком води. Низьке забезпечення водою в Чернігівській, Житомирській, Волинській та Івано-Франківській областях (2,0 – 2,6 тис.м³). В інших областях України забезпечення водою дуже низьке і надзвичайно низьке - 0,11 – 1,95 тис.м³ на одну людину. У країнах Європи даний показник набагато кращий, наприклад, Швеція – 2,5 тис. м³, Великобританія – 5 тис. м³, Франція – 3,5 тис. м³, Німеччина – 2,5 тис. м³. Аналітики Державного комітету України по водному господарству стверджують, що на сьогодні ми маємо негативні перемінні в гідрологічному розпорядку природних водотоків і водоїм, збільшення небезпеки руйнування гідротехнічних споруджень і комплексів, брак захищення від руйнування від дії природних вод.

Враховуючи, що на території України знаходиться велика кількість водогосподарських комплексів, а саме: водосховищ, каналів, водоводів, каскадів гідровузлів, систем постачання води, зрошування, тому дуже актуальним є питання вдосконалення системи керування водними ресурсами та охороною водних ресурсів. Особливість цієї задачі - визначення Державним комітетом України по водному господарству Пріоритетні спрямування реформування керування і охорони водних ресурсів протягом 2006-2015 років [4].

З другої сторони, змінивши підходи до оцінки та застосування водних ресурсів обумовлена вибраним шляхом Україною до Євроінтеграції, а саме, вступивши до Світової організації торгівлі. Це сприяє переходу на світові стандарти оцінювання ресурсного запасу, разом із водними ресурсами. У новітній європейській системі координат розвинення господарства передбачає впровадження перспективних питань та методів відносно методології еколого-економічної оцінки застосування водних ресурсів. Основними потребами до новітньої методології - це впровадження методу комплексного та якісного застосування та охорони водних ресурсів, разом із ростом продуктивності водних ресурсних джерел.

Як свідчить розгляд останніх наукових досліджень та публікацій, визначена проблема відобразилася у наукових працях науковців: В.В.Варанкіна, К.Г.Гофмана, С.І.Дорогунцова, Н.Г.Ігнатенко, Е.А.Зінь, Я.В.Коваль, Н.Е.Ковшуна, Т.В.Кузнецової, В.П.Руденко, М.А.Хвесик, А.В.Яцика, В.А.Стащука тощо. У працях цих науковців бачимо різні шляхи та пропозиції яка відноситься до реформування існуючої системи керування і охорони водних ресурсів із ціллю надання постійної соціально-економічної обставини та екологічної безпеки.

Отже, проводячи аналіз даних по використанню підземних вод на території України, бачимо, що їх добування на господарські потреби не відповідає перспективам їх найкращого застосування відносно до існуючих ресурсів підземних

вод і досліджених резервів підземних вод. Це викликано тим, що кількість існуючих ресурсів стає менше з півночі на південь України, а існуюче добування у цій спрямованості зростає. Отже, потреби до якості застосування підземних вод в Україні є неймовірними, а необхідність економічного оцінювання підземних вод – безперечною [3,4].

Самий високий рівень засвоєння існуючих ресурсів підземних вод знаходиться на щільно населеній території з великим господарським потенціалом. В західних і північних регіонах, де значні ресурси підземних вод і мале використання її, а саме, відбирають від 2 % - Чернігівська область до 16% -Чернівецька область. У східних областях і на півдні, при малих водних ресурсах і великому використанні, відбирають від 10% - Херсонська область до 36 % - Донецька область, існуючих ресурсів підземних вод. Величина використання знайдених запасів підземних вод міняється від 2-6 % - це Харківська, Черкаська, Дніпропетровська, Івано-Франківська, , Кіровоградська області, до 28% - це Львівська область і Луганська область. Із знайдених 1047 ділянок покладів підземних вод станом до 2008 року було задіяно 561 (54%), більша частина з них задіяна не на всю потужність. Більша частина діючих покладів підземних вод припадає на Автономну Республіку Крим (58), Луганській (57), Донецькій (44) і Київській (43) областях.

За остаточними даними майже 70 % підземних вод , які відбираються і застосовуються у господарсько-питному постачанні води.. Частина, яка залишилася, використовується у виробничо-технічному постачанні води, на зрошення земель, полів та для розливу. Як бачимо, підземними водами саме більше в Україні турбується Міністерство з питань житлово-комунального господарства і періодично дає Національну доповідь про якість питної води і стан питного постачання води в Україні. При цьому застосовують данні інших причетних до цієї проблеми водних ресурсів Міністерства: охорони здоров'я України, аграрної політики, оборони України, палива та енергетики, транспорт, з питань

надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи, Державного комітету водного господарства України, а також органами місцевого самоврядування.

1.3 Категорії стічних вод

Залежно від походження, вигляду і якості включень стічні води ділять на три основні класи; побутові води (господарсько-фекальні), виробничі води (промислові) і дощові води (атмосферні).

До класу дощових вод відносяться поливномийні стічні води.

До класу побутових відносяться стічні води, які зливають з кухонь, лікарень, туалетних кімнат, душових, лазень, пралень, їдалень, , а також господарські стічні води, які застосовуються при митті приміщень. Стічні води поступають як від побутових і громадських споруд, так і від побутових приміщень промислових виробництв. За своєю природою забруднення бувають фекальні, частіше забруднені фізіологічними викидами, і господарські, які забруднені різноманітного вигляду господарськими відходами.

Виробничі стічні води - стічні води, які застосовуються в технологічному циклі, не відповідають потребам, що ставляться цим циклом до їх якості, а отже піддаються видаленню з території виробництва. До виробничих стічних вод відносяться стічні води, що відкачують на поверхню землі при видобуванні корисних копалин: руди, вугілля, нафти, тощо.

Атмосферні стічні води утворюються при випадання атмосферних опадів: дощу, снігу.. Ці стічні води розділяють на дощові води і талі води, що утворюються внаслідок танення льоду і снігу. Епізодичність і нерівномірність – це характерна ознака дощового стоку води.

Від промислових господарств витікають стічні води усіх цих трьох класів. Розпорядок зливання стічної води в загальну каналізаційну систему, а також кількість стічної води, залежить від потужності господарства, кількості робочих змін, вигляду сировини, технології виготовлення продукції, кількості промислових приладів і апаратів, режиму їх роботи, питомих втрат води на одиницю продукції тощо [5].

1.4 Характеристика забруднень стічних вод

Завислі речовини – це нерозчинні включення, самим найбільш визнаний вид забруднень стічних вод.

Відносна частка завислих речовин в 1 л стічної води міститься в великих границях – від 0,005 до 0,5% її маси. За величиною і щільністю певних частинок нерозчинні включення дуже різні, дуже багато їх міститься у виробничих стічних водах.

Забруднені включення, які потрапляють у водоймища, можна розділити на три групи: мінеральні, органічні і біологічні.

До мінеральних забруднень відносяться: глина, пісок, шлаки і золи, розчини і емульсії солей, кислот, лугів і мінеральних мастил та інших неорганічних сполук. Через ці включення погіршуються фізико-хімічні та органолептичні особливості води, вбивають фауну і флору водоймищ, спомагають замуленню водоймищ [5].

Органічні забруднення складаються з різних речовин тваринного і рослинного походження: залишки овочів, рослин, плодів. До цього класу відносяться феноли, смоли, спирти, барвники, альдегіди, органічні речовини, до складу яких входять сірка (S) і хлор (Cl), різноманітні пестициди, які потрапляють у водоймища із сільськогосподарських земель, синтетично- активні сполуки тощо.

До біологічних забруднень відносяться шкідливі бактерії і віруси, збудники інфекцій, які надходять у водні басейни з побутовою стічною водою і стоками від підприємств, а також і з підприємств, які виготовляють тваринницьку продукцію.

Застосування такої природної води для пиття, миття посуду, овочей, фруктів, купання, веде до важких хвороб: холери, інфекційного гепатиту, дизентерії, черевного тифу, різних видів гельмінтів тощо.

Забруднення водосховищ різноманітними радіоактивними викидами є самими шкідливими для здоров'я людини, риб, тваринного світу, а також для природної води. У організмах рослин, риб і тварин відбуваються процеси біологічної концентрації. Радіоактивні речовини накопичуються в рослинах, організмах тварин і риб. Найдрібніші організми, в яких знаходяться радіоактивні речовини в малих кількостях, будуть поглинатися крупнішими організмами, в середині яких утворюються шкідливі концентрації. Ось чому деякі прісноводні риби набагато радіоактивніші за водне середовище, де вони перебувають. Внаслідок цього всі стоки води з радіоактивністю більше 100 Кі/л повинні надходити у особливі підземні резервуари, чи у глибочні підземні безстічні водосховища.

Також можливе запровадження обезводнення зі послідуочим застосуванням "блоків" і їх зберіганням у відведених для цього місцях.

Отруйні сполуки призводять до забруднення природної води, завдаючи величезних збитків природному середовищі і економіці в цілому. Шкідливі речовини завдають шкоди екології навколишнього середовища, водосховищам та зменшують їх біологічні ресурси.

За своєю будовою та за своїми особливостями стоки води дуже різняться. Знаючи будову стічної води і наявність включень дасть можливість вірному підбору способу очистки і складанню найкращої технологічної схеми очисного спорудження [5, 6].

Забруднення, які знаходяться в стічній воді, можна систематизувати за різними признаками, самими особливими є їх походження та фазово–дисперсний стан. Перед зливанням у водоймища повинні стічна вода повинна пройти очистку на очисних спорудженнях. Для цього потрібно знати будову стічної води і її особливість.

За своїм походженням забруднення можна розділити на такі групи: органічні, мінеральні, бактеріальні та біологічні.

Мінеральні забруднення - це пісок, частки глини, шлак, сполуки солей, кислот і лугів, мінеральні мастила тощо.

Органічні забруднення - це забруднення рослинного і тваринного походження. Забруднення рослинного походження - це рештки фруктів, овочів, злаків, паперу тощо. Головним хімічним елементом цієї групи забруднень є вуглець (С). Забруднення тваринного походження - це фізіологічні виділення людей і тварин, рештки м'язової та жирової тканини тварин, клейкові речовини тощо. Для них характерний великий вміст азоту (N). Органічні забруднення за своєю хімічною будовою діляться на безазотисті, до складу яких входить вуглець (С), водень (H), кисень (O), та на азотовмісні.

Головну частину безазотистих органічних включень господарсько–побутової стічної води містять жири і вуглеводи. У стічній воді із вуглеводів найбільше можна побачити моносахариди – це глюкозу, лактозу (молочний цукор) та дисахарид – це сахарозу. Складовими господарсько–побутової стічної води являються такі полісахариди - це целюлоза та крохмаль, на відмінність від простих вуглеводів вони у воді не розчиняються. У стічній воді целюлоза перебуває у завислому стані і складає більшу частку твердої стадії.

Мінеральні й органічні забруднення, які знаходяться у побутовій стічній воді, існують у нерозчинних, розчинних і колоїдному стані. Частка нерозчинних забруднень, які залишаються при дослідженнях на паперовому фільтрі, називається

завислими речовинами. Саму велику санітарну загрозу несуть забруднення органічного походження.

Склад органічних забруднень, які знаходяться у розчинному стані, можна оцінити кількістю біохімічної потреби в кисні (БПК) та хімічної потреби в кисні (ХПК). У побутовій стічній воді знаходиться БПК=100–400 мг/л, а ХПК=150–600 мг/л, і їх оцінка - сильно забруднені. При збереженні вони мають тенденцію прогнивати через 12 – 24 год при температурі 20°C.

В міській стічній воді величина забруднення органічного походження занадто велика - 45 – 58 %. Мінеральні сполуки і забруднення складають відповідно 42 – 55 %.

Органічне забруднення стічної води являється придатним середовищем в якому можуть розвиватись різні мікроорганізми та бактерії, вони містять біологічні та бактеріальні забруднення стічної води, та спонукають їх епідемічну загрозу. Відрізняють: $\frac{3}{4}$ - становлять сапрофітні бактерії (безпечні), до них відносяться найпростіші, водорості, личинки комах, дріжджі, плісняві грибки; $\frac{3}{4}$ - становлять хвороботворні бактерії, до них відносяться збудники черевного тифу, паратифу, дизентерії.

Відповідно до відомої систематизації вкладень за їх фазово–дисперсним станом, яку розробив академік Л. А. Кульський, усі вкладення стічної води не дивлячись на їх природу розділені на чотири класи у відповідності до величини часток.

До першого класу відносяться вкладення - нерозчинені речовини, які перебувають у воді у виді великих завислих часток, діаметр яких набагато більше десятих долей міліметра, та у виді суспензій, емульсій та піни – діаметр часток мають розмір від десятих долей міліметра до 0,1 мк.

До другого класу вкладень відносяться речовини у вигляді колоїдного розчину з розміром часток від 0,1 до 0,001 мк.

До третього класу відносяться вкладення які мають вигляд молекулярно-дисперсних частинок, діаметр яких менше за 0,001 мк та здатні утворювати у воді повноцінні розчини.

До четвертого класу відносяться вкладення, величина часток яких менше 0,0001 мк, та відповідає іонному ступеню дисперсності. До них відносяться луги, кислоти та їх солі. Частина з них, а саме, амонійні солі та фосфати, більш-менш видаляються зі стічної води в процесі біологічного чищення на міському очисному спорудженні.

Затрата побутової води з 1 га площі міста частіше дорівнює 0,3 – 2 л/с – це питома витрата, або 10000 – 60 000 м³/рік. Вода до водовідвідної мережі поступає дуже неритмічно за годинами доби. У денний час затрати більші, ніж у нічний час, затрати за годинами доби мають можливість мінятися 2 – 5 разів.

1.5 Природоохоронні технології захисту водного середовища

З ціллю дотримування засад охорони води та методів функціонування водних ресурсів, у нашій країні установлені правила, які інструктують роботу людини. У цих правилах викладено вимоги до становища водних об'єктів, що збільшилися у зв'язку з заглибленням вивчення таких наук як: екологія, соціологія, економіка, техніка тощо. Охороняючи водні об'єкти проходить забезпечення системи заходів, які направлені на відвертання, обмеження і винищення результатів забруднення, засмічення і виснаження води. До головних заходів відносяться: технічні, організаційні, юридичні, економічні, меліоративні та водоохоронні заходи.

Головні положення охорони вод викладено в “Санітарних правилах та нормах охорони поверхневих вод від забруднень”. У цих положеннях ясно викладено правила

до угод зливання стічної води у водоймища, також приведені нормативи якості води, яка зливається у водоймища; у особливому пункті помічено, що при зливанні стічної води на території міста або населеного пункту, то дане місто чи населений пункт являється першочерговим пунктом при розрахунку водокористування; наведені вимоги відводу стічної води у водоймища, систему контролювання за ефективним очищенням, знезараженням та знешкодженням стічної води.

Відповідно до Правил вимог до складу і властивостей води водних об'єктів поруч пунктів господарсько-питного (I категорія) і культурно-побутового (II категорія) водовикористання, наступні:

- склад завислих речовин після зливання стічної води не має зрости більше ніж на $0,25 \text{ мг/дм}^3$ для господарсько-питного водовикористовування, та для водопостачання харчових підприємств і на $0,75 \text{ мг/дм}^3$ для культурно-побутового водокористування;

- на поверхнях водосховищ не повинно утворюватись ніяких плівок, які плавають, плям мінеральних мастил та інших вкладень;

- вода повинна бути без побічних запахів і присмаку;

- величина розчинного кисню у воді має бути не менш 4 мг/дм^3 в будь-яку пору року в пробі, яку взяли о полудні при температурі $20 \text{ }^\circ\text{C}$;

- біохімічне споживання кисню (БСК), величина кисню, яка йде на біохімічне окиснення органічних речовин, при температурі $20 \text{ }^\circ\text{C}$ не має бути більше 3 мг/дм^3 і 6 мг/дм^3 для водосховищ і водогонів відповідно першого і другого ступеня;

- водневий показник (рН) при зливанні у водний басейн суміші виробничої та побутової стічної води не має виходити за границю $6,5 \dots 8,5$;

- наявність у водному басейні шкідливих речовин, які можуть шкідливо діяти на людей і тварин не дозволяється;

- у вода не має бути збудників хвороби;

- збільшення температури у водному басейні чи водотоці при зливанні в нього стоків води можна не більше ніж на 3°C

- склад мінеральний сухого залишку не має перевищувати 1000 мг/дм³, хлоридів – 350 мг/дм³ і сульфатів – 500 мг/дм³).

Господарства, організації та установи, робота яких має вплив на стан стоків води, повинен виконувати міроприємства, які б заважали охороні вод від забруднень, а й покращували їх стан[5,6].

Ваговим рішенням питання оборони водних ресурсів від промислового забруднювання на сьогодні є комплекс природоохоронних технологій і досліджень, а саме:

- створення безвідходних і маловідходних господарств;
- удосконалення зворотних та замкнених систем постачання води;
- зменшення чи взагалі припинення попадання включень в стічну воду в наслідок улаштування чи заміни технологічних методів виробництва;
- знищення відвалів господарських і побутових залишків, з яких матеріями залишків можуть змиватися поверхневим стоком води або дренажним стоком води;
- очищення стічної води;
- закачка в великі поглинаючі горизонти стічної води, до очищення якої ще не знайдено методів чищення.

Великої значимості приділяється комплексу міроприємств стосовно відвертання забруднення водного басейну добривами, пестицидами та залишками тваринницьких господарств.

2 Об'єкти та методи досліджень

2.1 Сучасні методи очистки побутових стічних вод

2.1.1 Механічне очищення

При механічному чищенні із потоку стічної води вилучають забруднення, що містяться в ній, в основному, в нерозчинному вигляді та невелика кількість у колоїдному вигляді. Чимало відходів, ганчірок, паперу, решток овочів, фруктів та інші різноманітні виробничі відходи попадають на решітки. Решітки, які залишаються на решітках, направляються в дробарки. Використовуються при цьому решітки-дробарки, де чималі решітки і затримуються і також подрібнюються.

Більша частина забруднення, яка має мінеральне походження - це пісок, характерна маса часток піску набагато більша за питомої масу води, тому пісок осідає в піскоуловлювачах. Пісок з піскоуловлювачів прямує у виді піщаної пульпи до піщаних платформ, відбувається обезводнення та поступово виділяється.

Забруднення органічних походжень, що перебувають у завислому вигляді, видаляються із стічної води і потрапляють у відстійники. Сполуки, характерна маса яких трохи більша характерної маси води, і тому падають на дно. Сполуки, які трохи більше легкі за воду, - це жир, масла, нафта та смола, знаходяться на поверхні водного покриття і їх віддаляють із стічної води.

Для механічного чищення використовують таке обладнання - це осередники, гідроциклони, центрифуги, двоярусні відстійники та освітлювачі – перегнивачі. Це обладнання сприяє стічній воді освітлюватись, а разом із цим і обробляється мул, осад, який утворився. Механічне чищення стічної води являється вирішальним циклом тоді, якщо за певних умов та у відповідності зі санітарними вимогами стічну воду можна злити після проходження дезінфекції у водний басейн. Зазвичай механічне чищення стічної води проводиться перед стадією біологічного чищення.

Очисне спорудження населених територій чи окремих об'єктів проектується із врахуванням затрат стічної води за одну добу самого великого відведення води і суми величини забруднювальних речовин в усіх групах стічної води, що потрапляє на ці очисні спорудження (сюди ж входять поверхневі і дренажні води при напівроздільній системі міської каналізації) [7].

Ступінь очистки стічної води потрібно розраховувати із урахуванням територіальних умов застосування стічних вод, які пройшли очищення і поверхневого стоку води, який використовують для виробничих потреб та сільськогосподарських [8].

Ступінь очищування стічної води, яка зливається у водні басейни, має відповідати угодам існуючих Правил охорони поверхневої води від забруднювання зворотними водами, СанПіН 4630, СанПіН 4631, а стічні води, які використовуються вдруге, - санітарно-гігієнічним та технологічним правилам споживачів.

Проектуючи очисне спорудження необхідно прийняти до уваги ступінь перемішування та ступіть розбавлення стічної вод води водного басейну та фоновий склад забруднювального матеріалу який знаходиться у ньому.

Слід рішити питання де складувати і утилізувати знешкодженні залишки та другі останки, які з'явилися чи затримались на очисних спорудженнях[9].

Середня швидкість окиснювання багатокомпонентної суміші береться за дослідницькими показниками, якщо вони відсутні, то можна брати швидкість окиснювання як середньозважену величину швидкостей окиснювання речовини, яка надходить до багатокомпонентної суміші.

При відсутності показників, розрахункову величина забруднювальних речовин на одну людину в господарсько-побутовій стічній воді населеної території, виконуючи попередні розрахунки допускається використовувати. Кількість забруднювальних речовин на одного жителя наведено в таблиці 1.

Концентрація забруднюючих речовин у промисловій стічній воді господарств,

які підведені до централізованої каналізації населеної території, має відповідати Правилам приймання виробничої стічної води у міську централізовану каналізацію певної населеної території.

Таблиця 1 – Кількість забруднювальних речовин на одного жителя

Показник	Кількість забруднювальних речовин на одного жителя, г/добу
Завислі речовини	65
БСК ₅ неосвітленої рідини	54
БСК _{повн} неосвітленої рідини	75
ХСК неосвітленої рідини	87
Азот загальний (N), в тому числі азот амонійних солей (N)	11 8
Фосфор загальний (P), в тому числі фосфор фосфатів (P)	1,8 1,44
Хлориди (Cl)	9
ПАР	2,5
<p>Примітка 1. Кількість забруднювальних речовин від населення, що проживає в неканалізованих районах, за наявності зливних станцій приймається у розмірі 33% від наведених таблиці.</p> <p>Примітка 2. При скиданні господарсько-побутових стічних вод промислових підприємств у каналізацію населеного пункту кількість забруднювальних речовин від експлуатаційного персоналу можна додатково не враховувати.</p>	

Розширюючи, переобладнюючи чи технічно перебудовуючи уже діючі очисні спорудження необхідно використовувати характеристики досліджень стічної води,

яка поступає на очищення у літній та зимовий періоди. При цьому потрібно взяти до уваги втрати, хімічну будову та концентрацію забруднювань виробничої стічної води від промислових підприємств, які побудували, і які будуть знаходитись на резервованих місцях відповідно до генерального плану населеної території. Якщо ж існуючої проектно-кошторисної документації для нових господарств не має, то показники кількості та якості їх стічної води можна брати за аналогами (підприємствами, які вже існують та виготовляють таку ж саму продукцію) чи на базі галузевих будівельних норм).

2.1.2 Біологічні методи очищення

Біологічне чищення стічної води проводиться для виділення розчинених сполук та колоїдних органічних речовин у ході їх окислювання чи відновлювання за підтримкою мікроорганізмів, які можуть в процесі своєї життєдіяльності виконувати їх мінералізацію. Мінералізація може проходити як у природних так і у штучних умовах.

Спорудження для біологічного чищення у звичайних умовах поділяють на: фільтраційні – це ділянки зрошування та ділянки фільтрації та об'ємні – це біологічні ставки, озера та окислюючі канали. Стічна вода, яка потрапляє у спорудження першої групи, підлягає фільтрації через ґрунт, який містить у собі аеробні бактерії, отримуючи кисень (O) з повітря, у другу групу - стічні води протікають скрізь водосховище, в якому знаходяться аеробні мікроорганізми та кисень, який поступає внаслідок реаерації або механічної аерації.

Біо- і аерофільтри, аеротенки, компактне обладнання з механічним аеруванням використовують у штучних умовах. Чищення стічної води в штучних умовах на цьому спорудженні відбувається якісніше, так як у них штучним ходом забезпечують

сприємліві умови для життя і діяльності мікроорганізмів, це відбувається за рахунок великого доступу кисню з повітря.

Сутність методу біологічного чищення стічної води лежить у тім, що під час фільтрування крізь ґрунт чи зернисте завантаження органічні забруднювання стічної води залишаються поверхні та утворюють біологічну стрічку, на якій знаходиться велика кількість мікроорганізмів. Стрічка адсорбує колоїдні розчини та речовини, що там розчинилися, мілку суспензію, де вони за підтримки аеробних бактерій і наявності кисню повітря перетворюються у мінеральні речовини. Атмосферне повітря гарно потрапляє у ґрунт глибиною до 0,2-0,3м, там і проходить найінтенсивніше біохімічне окислювання [10].

Біологічні фільтри - це спорудження для очищення води, в яких проходить біохімічне чищення стічної води під час фільтрування скрізь зернисте завантаження, на поверхні зерен утворюється біологічна плівка, на якій знаходяться велика кількість аеробними бактеріями і елементарними організмами, що виконують окислювання адсорбованих органічних забруднень стічної води.

Аеротенки являються спорудженнями біологічного чищення стічної води, де окислювання органічного забруднення, проходить завдяки життю та діяльності аеробних мікроорганізмів, які скупчуються утворюючи активний мул. Частка органічної серовини в аеротенку підлягає окисненню, а друга частина її дає збільшення бактерійної ваги активного мула.

Пройшовши цикл очищення в аеротенках, очищені стічні води проходять відстоювання у вторинному відстійнику, в якому від води видаляється активний мул, який знову потрапляє в процес чищення. Цей мул називають циркуляційним активним мулом. У ході окислювання органічних сполук аеробні мікроорганізми починають множитись, величина активного мула збільшується, в наслідок цього частка мулу, а саме надлишковий активний мул, прямує на мулові платформи де відбувається

зневоднювання чи на перероблення в метантенки (завчасно потрібно треба зменшити вологість мулу в спорудах-мулозгущувачах).

2.1.3 Фізико-хімічні методи очищення

Фізико-хімічна очистка являється занадто важливою стадією у технології очищування побутових стічних вод, які надходять від господарсько побутової діяльності. Фізико-хімічна очистка дає змогу отримати такі характеристики фізико-хімічної будови стічної води, які не заважають стадії дальнішого біологічного чищення.

На сьогодні застосовують ряд способів чищення стічної води від органічних сполук та мінеральних сполук, а також рідини, газу, твердих часток.

Фізико-хімічні методи чищення стічних вод включають в себе: нейтралізацію, коагуляцію, флотацію, іонний обмін, сорбцію, екстракцію, кристалізацію.

Коагуляція використовується, коли величина часток 0,1-0,01 мкм, колоїдні частки коагулянтів адсорбують забруднення та випадають у виді пластівців на дно спорудження. Зазвичай замість коагулянтів застосовують солі алюмінію (Al), заліза (Fe) та магнію (Mg).

Спосіб флотації частіше застосовують для чищення стічної води від завислих та органічних сполук. Відрізняють напірну флотацію, імпелерну імпелерну та флотацію із використанням губчастих матеріалів. Використовуючи напірну флотацію забруднення виділяються за сприянням бульбашок повітря і збираються у виді піни зверху, а потім виділяються. Дуже часто коагуляцію з'єднують із флотацією, так як застосовуючи їх разом відбувається підвищення якості чищення.

При сорбції виділення забруднених речовин проходить завдяки процесу поглинання забрудника відповідним сорбентом. На характер процесу поглинання впливає природа сорбенту, існують: абсорбенти, адсорбенти та хімічні сорбенти.

Частіше використовують адсорбцією, коли як сорбент зазвичай беруть золу, торф, активоване вугілля чи силікагелі. Сама стадія чищення води може здійснюватись двома методами: 1) мілкий адсорбент перемішують із стічними водами потім ділять методом відстоювання; 2) стічна вода протікає скрізь насипний фільтр – товща адсорбенту, у цьому методі швидкість фільтрації становить 1-12 м/год, розмір часток адсорбенту складає 0,8-5 мм .

Застосовуючи іонний обмін, протікає стадія обміну між іонами солей, які знаходяться у стічних водах та іонами. Чищення стічної води цим способом дає змогу видалити і знешкодити вкладення, такі як: сполуки миш'яку (As) , фосфору (P), хром (Cr), цинк (Zn), свинець (Pb), мідь (Cu), ртуть(Hg) тощо. За своїм зарядом іоніти діляться на катіоніти і аніоніти, вони здатні проявляти кислотні властивості та основні властивості.

Метод кристалізація дає змогу визволитися від забруднюючих речовин за допомогою виморожування, забруднення виділяються із стічної води у виді кристаликів. Метод кристалізації зазвичай проходить у природничих водоймищах та являється якісним при збільшенні концентрації забруднюючого матеріалу [11].

Спосіб екстракції лежить у виділенні забруднюючого матеріалу з застосуванням екстрагенту – це феноли, кислоти, забруднення, які знаходяться в екстрагенті можна відділити від розчинника. Цей спосіб дуже вигідний і економний при великій концентрації забруднення.

Усі описані вище способи мають свої плюси і мінуси, але вибравши самий ефективний метод чищення стічної води потрібно звертати увагу на природу забруднюючих речовин та прибуткові втрати на впровадження цієї технології. Отже і ураховувати той факт, що послідуочим способом буде біологічне чищення, яке надасть найкраще середовище для життєдіяльності мікроорганізмів.

2.1.4 Знезараження стічних вод сучасними та перспективними методами

Методи, що використовуються для знезараження стічної води (скорочено СВ), умовно сорбція ділимо на такі класи: 1) хімічні - використання різноманітних сполук хлору (СІ), озону (О), перекису водню (H_2O_2), органічних полімерних біоцидів тощо; фізичні -, електричні, термічні, електромагнітні); 2) фізико-хімічні - коагуляція, флотація, електрофільтрування; 3) знезараження в умовах штучних і природних біоценозів. В Україні найбільш поширеним способом обробки стічної води являється спосіб оброблення хлором (СІ). Європейські країни усе більше відступаються від нього, і дають першість обробці стічної води ультрафіолетом, ультразвуком та комбінованим способам. На сьогодні фактично взагалі відмовилися від використання хлору (СІ) в Німеччині, Великобританії та США.

Хлорвміщуючі речовини мають ряд суттєвих недоліків.

Дослідженнями, що проводилися ще в ХХ столітті, виявлено, що абсолютно виділити зі стічної води бактерії та вірусну мікрофлору можна лише порцією активного хлору 15620 мг/дм^3 і витримкою не менше 2 годин.

У дослідженнях зі знезараженням від поліовірусів доочищеної стічної води хлором, діоксидом хлору та озоном, вказано, що діоксид хлор має більшу активність ніж хлор. Наприклад, при хлоруванні повністю інактивація вірусів відбулася в порціях 10 мг/дм^3 за 60 хв., а при знезараженні діоксидом хлору такий же ефект бачили в порції 5 мг/дм^3 із витримкою 2630 хв., а залишкові речовини його після 30640 хв. знаходились на межі $0,866,3 \text{ мг/дм}^3$.

Дослідниками Гончаруком Є.Г., Прокоповим В.О. досліджено, що для знезаражування стічної води інфекційних лікарень щоб досягнути потрібного ефекту порція активного хлору через 30 хв контакту має зрости до $5-10 \text{ мг/дм}^3$. Взагалі очистити стічну воду від ентеробактерій та вірусів за даних умов знезаражування неможна.

Відповідно показів Петренко Н.Ф, Мокієнко А.В., порція діоксиду хлору 2 мг/дм³ являється фактично достатньою для забезпечення норм зливання стічної води (1000 КУО/дм³) в морську воду, інактивація для ЛКП досягається 99,92% та 99,99 % — для ентерококів.

Діоксиду хлору, як дезінфектант, має таку перевагу порівнюючи з хлором: можливість діоксиду хлору окиснюватись являється більшою ніж у хлору; біоцидна дія діоксиду хлору більша, чим у хлору при однаковій порції речовин і витримці дезінфекції; рН води не впливає на характеристики діоксиду хлору; діоксид хлору не вступає у взаємодію з аміаком і амінами, не виникають хлораміни та побічні токсичні речовини хлорування (тригалометани); органічні речовини окислення біохімічно окислюються, не виникає загрози при зливанні стоків води у природні водоймища порівнюючи з тригалометанами, які не можуть окислюватись і збираються в водних басейнах навколишнього середовища; побічні речовини - це хлорати і хлорити не є загрозою для навколишнього середовища, так як хлорити скоро можуть відновлюватися до хлоридів, а хлорати постійні у водному басейні.

Автори даної статті радять застосувати діоксид хлору для знезараження побутової стічної води малих населених територій, місцевих об'єктів, також у транспорті, та стічної води, яка являється небезпечною (наприклад, у інфекційних лікарнях).

Дуже часто для знезараження можна застосовувати солі гіпохлоритної кислоти, наприклад, гіпохлорит натрію (Na) чи кальцію (Ca). Але велике застосування гіпохлориту для знезараження питної та стічних вод дорого коштує.

У зв'язку з тим, що під час хлорування стічної води можуть виникати токсичні хлорорганічні речовини, які несуть загрозу для організму людини, то запропонували знезаражувати міську стічну воду другими способами, а саме ультрафіолетовим опроміненням, озонуванням та обробленням діоксидом хлору [12].

Одним із далекосяжних способів знезараження є озонування. Джерелом одержання озону є повітря чи кисень, для якого не потрібно реагентного господарства. При розкладанні озону утворюється атомарний кисню, який має особливість знищувати бактерії, спори, віруси, окислювати органічні сполуки, покращувати органолептичні характеристики води. Використання озону відкидає трудомісткі методи та набагато полегшує технологію чищення стічної води.

Озон являється сильнішим окиснювачем, ніж хлор. Знезаражуюча дія озону на вегетативні форми бактерій у 15620 разів, на спорові форми бактерій у 300 — 600 разів більша за знезаражуючу дію хлору. Також озону властива противірусна дія. Мінеральна будова, лужність, рН води залишаються незмінними. Озонування являється ефективним і перспективним способом чищення стічної води від вкладень ароматичних сполук.

Якість знезараження стічної води за допомогою озону залежить від удосконалення технологічного циклу. Застосовуючи при комбінованому озонуванні, УФ опромінення, ультразвуку та СВЧ ефективність знезараження стічної води дуже зростає.

При проведенні знезараження озоном утворюються токсичні побічні речовини, які погано розчиняються у воді, мають високу токсичність та вибухонебезпечні. Озонування стічної води може допомагати вторинному зростанню мікроорганізмів у зв'язку з утворенням органічних речовин у воді, які являються доступними джерелами вуглецю для бактерій.

Найсучасніший спосіб знезараження - це ультрафіолетове (УФ) випромінювання. На сьогодні у світі ультрафіолетові системи працюють майже на 3000 очисних спорудженнях для стічної води. Спосіб ультрафіолетового знезараження має низку переваг по відношенню до хлорування: при УФ випромінненні виникають побічні токсичні і мутагенні речовини такі, як хлороформ та хлорпохідні; одночас поліпшуються органолептичні характеристики водного басейну,

розкладаються стійкі органічні речовини; знезараження ультрафіолетом проходить внаслідок фотохімічних реакцій всередині мікроорганізмів, ось чому на його ефективність переміна якості води діє набагато менше, ніж при знезараженні хімічними речовинами, а саме, на дію ультрафіолетового опромінення на мікроорганізми не діють рН та температура води; при передозування немає негативних ефектів, які допускають упростити контроль за ходом знезараження і не робити дослідження на склад у воді залишкової концентрації дезінфектанту; час знезараження при УФ випроміненні - 1-10 сек. у поточному розпорядку, отже немає потреби у створенні контактних ємкостей; експлуатаційні втрати набагато менші, це зв'язано з малими втратами електроенергії, потребі у дорогих матеріалах, а отже немає потреби в матеріалах для дехлорування; немає потреби у створенні комор для токсичних хлорвміщуючих реактивів; УФ оснащення являється компактним, не потребує великої площі, його упровадження в технологічні процеси очисних споруджень можливо без їх зупинки, з мінімальною кількістю будівельно-монтажних робіт.

Альтернативою для реагентних методів знезараження стічної води служать різноманітні електрохімічні способи: обробляючи воду змінним електричним струмом, дія на воду дуже високих високх частот (НВЧ), великих частот (ВЧ) та малих частот (НЧ), ультразвук та магнітне оброблення тощо. До сіх пір немає доказів практичного впливу НВЧ поля на мікробну клітину. Бактерицидний ефект показує взаємозв'язок електромагнітного поля з життєвоважливими частинами клітини. Результат – загибель клітини чи пригноблення її життєдіяльності.

Спостереження вітчизняних і закордонних дослідників показали можливість доочищення стічної води в біологічних ставках з водяними рослинами. Він є одним із природних, самий надійних та прибутковий спосіб, а також являється альтернативою до фізико-хімічних способів доочищення стічної води. Біоставки з вищими водяними рослинами (ВВР) являються гарним бар'єром для розмноження збудників

інфекційних хвороб з водяними шляхами передачі серед населення та слугують гарної гігієнічної оцінки. На сьогодні 70,5 % таких біологічних ставок застосовується в країнах СНД як спорудження доочищення, із них 11,5 % — після механічного чищення, 59,0 % — штучного біологічного чищення. Після остаточного біологічного чищення якість знезаражування очищеної води досягає 90-95 %, а доочищення в біологічних ставках дає змогу знезаразити воду до 99,9 %. Після доочищення в біологічних ставках у стічній воді у багато разів стає меншою загальна маса органічних сполук на 50 %, амонійних солей — на 30-70 %. Очищені в біологічних ставках міські стічні води з складом органічних сполук до 60 мг $O_2/дм^3$ (за ХПК) і 4 мг $O_2/дм^3$ (за БПК5), азоту амонійного — 1,5 мг/дм³, нітратів — 10 мг/дм³, при розбавленні з водою водойм в 20 разів не діють несприятливо на хід самоочищення в них.

Результат наявного практичного досвіду знезараження стічної води довів, що на сьогодні дуже удосконалюються екологічно чисті способи знезараження господарсько-побутової і промислової стічної води, альтернативних хлоруванню. Однак, потрібно виділити, що для забезпечення надійного рівня винищення або пригноблення патогенної мікрофлори стічної води можливе тільки при правильному дотриманні рекомендацій санітарно-гігієнічного і технологічного способу обробки. Чимало методів ще знаходяться на етапі наукових досліджень, лабораторних та виробничих випробувань.

2.1.5 Господарсько побутові стічні води та методи їх очищення

Склад міської стічної води майже однаковий для усіх міст, може різнитися тільки концентрацією деяких складових. Із досліджень бачимо, за одну добу людиною може виділятися біля 100 г твердих і 1200 г рідких послідів, які затім розводяться водопровідною водою, яка застосовується для різноматітних нужд.

Узагалі, у стічній воді великих міст величина і розчинених сполук і завислих речовин на одну людину лишається постійною. Склад речовин, які розчинилися складає близько 100 г/добу. Середню кількість мінеральних та органічних речовин у стічній воді в розрахунку на 1 жителя міста наведено в таблиці 2.

Таблиця 2 - Середня кількість мінеральних та органічних речовин у стічній воді в розрахунку на 1 жителя міста

Інгредієнт	Кількість, г/добу
Азот амонійний	7 -8,0
Хлориди харчового раціону	8,5 – 9,0
Сульфати	1,8 – 4,4
Фосфати	1,5 – 1,8
Калій	3,0
Завислі речовини	30 - 50

Також, у міській стійкій воді дуже бурхливо розвиваються анаеробні мікроби, за сприянням цих анаеробні мікроб виникають різноманітні гази: сірководень (H_2S), вуглекислота (H_2CO_3), водень (H), метан (CH_4). Патогенні бактерії, це бактерії, які збуджують хвороби, а саме збудники кишкових інфекцій, поступають до міських стічних вод від хворих носіїв та бацило-носіїв. Ми бачимо, що в невеликих населених територіях таких збудників інфекцій у міжепідеміологічний період може не бути, так як у багатозаселених містах навіть коли немає епідемії, виникають інколи спалахи гострих інфекційних хвороб.

У стічні води потрапляють майже усі бактерії і віруси, які пагубно впливають на організм людини і являється причиною захворювання людини. Однак, можуть виживати лише ті бактерії і віруси, що пристосувалися до умов життя в навколишньому середовищі.

Разом із побутово-господарськими стічними водами в міську централізовану каналізацію потрапляють яйця гельмінтів. Маса їх доходить до сотень на 1 дм³, більша частина з них - це аскариди. Яйця гельмінтів являються найстійкішими представники живої фауни міської стічної води: витримують низьку та високу температуру, а також хлорування води. Лише при нагрівання до температури 55–60

°C , можна убити яйця гельмінта. Таким чином, на очищувальних спорудженнях тільки при осадженні разом із твердою фазою і дальнішим термічним обробленням утвореного осаду можна понизити концентрацію яєць

На сьогодні є багато методів для проведення очищування стічних вод міських централізованих каналізацій. Одна частина опирається на природні умови розкладу органічних сполук, і ставить за мету - якнайбільшу мінералізацію органічних викидів і знезараження шкідливих бактерій і вірусів.. Це є біологічним очищуванням стічних вод в аеробних умовах.

З даних таблиці 3 видно, що показники окиснювальної здатності на спорудах штучного біологічного очищення значно вищі, ніж на спорудах природного.

Показники окиснювальної здатності на спорудах природного та штучного біологічного очищення стічних вод наведено у таблиці 3.

Таблиця 3 - Показники окиснювальної здатності на спорудах природного та штучного біологічного очищення стічних вод

Вид очисних споруд	Кількість кисню з 1 м ³ споруд на добу, г
1	2
Природного біологічного очищення	
Поля зрошення	0,5 – 1,0
Поля фільтрації	2,0 – 36
Біологічні ставки	12,5
Штучного біологічного очищення	
Контактні фільтри	72
<u>Перколяторні фільтри</u>	100
Аеротенки	1000
Аерофільтри	1000
<u>Аерокоагулятори</u>	4500

Інтенсифікація методів біологічної очистки прямує не тільки до підвищення їхньої окиснюючої спроможності, але і до великого зменшення території, на якій в знаходяться ці спорудження. Отже, при втраті стічної води за добу 5000 м³/добу територія, на якій знаходяться поля зрошення, являє 150–200 га, поля фільтрації становлять 30–50, біофільтри становлять 2–3, аеротенки становлять 1 га. Невелику площу біофільтрів та аеротенків можна буде принаймні зменшити, але при цьому збільшити подачу кисню та створити конкретні умови для працюючих особливих біоценозів [13].

Біологічні ставки, їх ще називають ставки-відстійники, об'єднують у собі декілька послідовно об'єднаних ставків, через котрі протікає стічна вода, яка очищується від завислих сполук. Стічні води ставків-відстійників багаті на біогенні сполуки, отже в такій стічній воді дуже гарно збільшується кількість фітопланктону і вищої водневої рослинності. Це дає можливість для постійного поступання у стічну воду розчиненого кисню, який необхідний для окиснювання стічної води і для підтримки аеробних умов. Також у стічній воді ставків-відстійників існує велика маса бактерій, які спроможня мінералізувати органічні сполуки стічної води. Дуже різноманітна у ставках-відстійниках дуже різна донна фауна, що дає можливість переробленню органічних твердих часток, які знаходяться на дні ставків. У наслідок цього, стічна вода, що виходить із ставка-відстійника, при оптимальному його режимі набуває прозорості, їй належить низька окиснюваність, БСК і понижений колі-індекс

Значну площу займають поля зрошування, які знаходяться на певній відстані від місця, до яких перекачується стічна міська вода. У верхньому шарі ґрунтів, через які проходить фільтрація стічної води, проходять біохімічні стадії розкладу органічних сполук, а також змінюється мікрофлора. При фільтруванні через шар ґрунту завислих часток і мікробів особливе місце належить також і адсорбційним методам. Як бачимо, патогенна мікрофлора і мікроорганізми кишкової групи протягом 100 днів повністю зникають.

Другий клас способів очищування стічної води у мережі міської каналізаційної системи опирається на біохімічні ходи розпадання органічної сполуки, для швидкого проходження яких штучно роблять найкращі умови. Тому стічну воду попередньо поділяють на грубо-дисперсні та рідкі, Застосовуючи методи фільтрування або відстоювання, стічну воду попередньо поділяють на грубо-дисперсні та рідкі. Дуже рідко стічні води очищають в аеробних умовах на аеротенках або біофільтрах.

2.1.6 Очищення господарсько-стічних вод інноваційним методом на фільтрах з волокнисто-пінопластовим завантаженням

На сьогодні з кожним днем все більшого сильного антропогенного навантаження на навколишнє середовище збільшується проблема очищування побутово-господарської стічної води на територіях, на яких висувається необхідність привести ефективність і якість очищеної стічної води до звичайних вимог зливання їх у водний басейн рибного господарства.

Стічні води, які не пройшли очистки, та які мають у своєму складі біогенні речовини, при зливанні їх у водний басейн дають поштовх для розвитку зелено-синіх водоростей, у наслідок чого понижується маса розчиненого кисню, стає гіршою якість стічної води в природничих водних басейнах, а також змінюються звичайні умови життєвої діяльності гідробіонтів, що приводить до загибелі підводних мешканців. Тому захищаючи навколишнє середовище від забруднення стічною водою однією з головних метою і завданням охорони довкілля в Україні.

Існуючі конструкції устаткування малої та середньої продуктивності не повністю забезпечують хорошу якість очищеної стічної води, для цього потрібно мати робітників високої кваліфікації, отже, основним питанням являється устаткування малої продуктивності, вдосконалення тих, що існують та розробка найбільш якісного устаткування малої продуктивності для очищування господарсько-побутової стічної

води.

Для рішення даних питань допомагає використання технологічної схеми біологічного очищення стічної води курсом прямоточного їх проходу в апараті, головними складовими якої являються біореактори і контактнo-освітлювальні фільтри з пінопластовим фільтрувальними завантаженнями. Використовуючи біореактори із присутніми мікроорганізмами та висхідної фільтрації стоків води крізь фільтри з плаваючим завантаженням дуже покращує якість очищення стічної води, робить простою в експлуатаванні споруджень, а також поменшує їх ціну. Головне питання оптимізації запропонованого устаткування малої продуктивності - це теоретичне обґрунтування та виявлення в процесі дослідницьких експериментів оптимізованих конструктивних і технологічних показників всіх частин апарату.

Було обґрунтовано і знайдено метод чищення і спроектовано сам очисний прилад невеликої потужності з волокнисто-пінопластовим завантаженням, яке б забезпечувало ефективність і якість очищеної побутової води від будинків, де немає каналізації до існуючих вимог для їх зливання у водоймища призначеного для рибного господарства.

Дивлячись на те, які органічні сполуки знаходяться в стічній воді, міняється будова біогазу та частка метану (CH_3) в ньому. Сполуки: білки, вуглеводи, жири та мастила складають вихід біогазу ($\text{cm}^3/\text{г}$ субстрату) відповідно: 0,83 / 0,72 / 1,43, а частка метану (CH_3) (у %) відповідно 50 / 71 / 70 . Вуглеводи в багатьох випадках розпадаються дуже просто, однак вуглеводи виділяють дуже малу кількість метану (CH_3). При розпаданні жирів і мастил виникає велика маса біогазу з високим складом в ньому метану (CH_3), однак, розпадаються вони дуже помалу. Жирні кислоти, в свою чергу, що з'являються як сторонні речовини при розпаданні жирів і мастил, можуть заважати даному ходу розпадання [14, 20].

Майже вся стокова вода у своїй будові має неорганічні і органічні сполуки азоту (N). Існує багато методів виділення азоту (N): аміак видувають за допомогою

повітрям, потім окислюють електролітично озоном чи хлором із послідуною фільтрацією крізь активоване вугілля. Біологічний метод являється найдешевшим і самим екологічно чистим. Головна проблема в біологічному методі полягає виділенні мінерального азоту, коли потрібно забезпечити разом протікати обидвом біологічних циклам з даними вимогами до присутності кисню: аеробна автотрофна нітрифікація, анаеробне гетеротрофне денітрифікування. Технологічна схема видалення азоту наведена на рисунку 1.

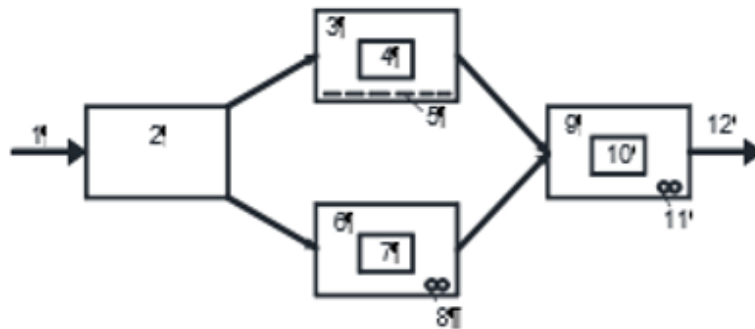


Рисунок 1 – Схема біологічного очищення стічних вод від амонійного азоту:

1 - стічна вода з амонійним азотом; 2 - розподіл води на два потоки; 3 - зона аеробної нітрифікації; 4 - носії з іммобілізованими нітрифікуючими бактеріями; 5 - система розподілу повітря; 6 - анаеробна зона; 7 - носії з іммобілізованими анаеробними гетеротрофними бактеріями; 8 - мішалка для перемішування води в анаеробній зоні; 9 - анамокс - зона; 10 - носії з іммобілізованими анамокс - бактеріями; 11 - мішалка для перемішування води в анамокс - зоні; 12 - очищена від з'єднань азоту стічна вода.

Теоретичні експерименти плаваючого фільтруючого завантаження із часток дрібного пінопласту доказали, що на його пористість не впливають розміри цих частинок, але впливає тільки форма та відношення максимального і мінімального діаметрів, коливання відбувається в границях між 21,5 – 47,7 %.

Було доведено, що після первинного відстоювання біологічне очищення стічної води потрібно проводити на приладах із застосуванням волокнистого і пінопластового

завантажень, головними спорудженнями в яких є два біореактора та контактний освітлювальний фільтр (КОФ). У біореакторі, дякуючи тому, що до волокнистого завантаження будуть прикріплені спеціальні мікроорганізми, відбувається біологічне окиснення залишків, які існують у воді, яка надходить (органічні сполуки, тощо) та їх мінералізація з появою пластівців, які можуть утворювати осад, залишатись у контактному-освітлювальному фільтрі. В контактному освітлювальному фільтрі (КОФ) проходять процеси освітлення і знебарвлення води при її висхідному переміщенні крізь поверхню стиснутого в відфільтрованому об'ємі осаду та пінопластового плаваючого фільтрувального завантаження. У даному випадку проходить очищення стічної води без додавання будь-яких речовин [21].

У даному апараті освітлюючий фільтр грає роль доочистки стічних вод біологічно очищених в анаеробному (3) і аеробному (5) біореакторах наведено на рисунку 2 .

Експерименти підтвердили, що стан біологічної плівки на поверхні ниток залежить від часу проходження фільтроциклу, так як під час старіння плівка змивається під дією гідравлічного потоку, а при зростанні $V_{\text{ф}}$ вимір біосорбції A_0 також буде зростати.

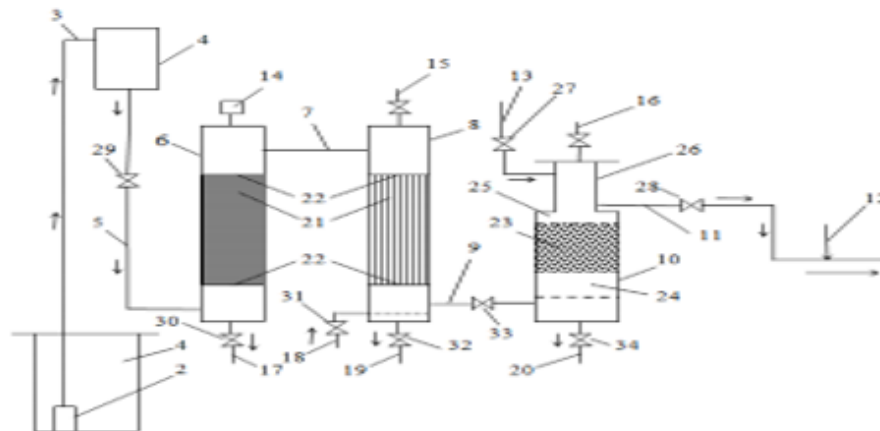


Рисунок 2 – Схема лабораторної установки для біологічного очищення стічних вод на фільтрах з волокнисто-пінопластовим завантаженням: 1 – прийомний резервуар; 2 – насос; 3 – подача вихідної до ємності постійного рівня; 4 – ємність

постійного рівня; 5 – подача вихідної води до установки в анаеробний БР; 6 – анаеробний БР; 7 – подача води в аеробний БР; 8 – аеробний БР; 9 – подача води в КОФ; 10 – КОФ; 11 – відведення очищеної води; 12 – знезараження; 13 – подача води на промивку КОФ; 14 – газовіддільник; 15 – випуск повітря з аеробного БР; 16 – випуск повітря з КОФ; 17 – відведення осаду з анаеробного БР; 18 – подача повітря від компресора; 19 – відведення осаду від аеробного БР; 20 – відведення промивної води і осаду від КОФ; 21 – волокнисте завантаження типу «ВЛЯ»; 22 – колосникові решітки; 23 – пінопластове завантаження КОФ; 24 – під фільтровий простір; 25 – ємність для збору очищеної води; 26 – напірна ємність; 27–34 – вентиля.

Прилад при комплексному очищенні господарсько-побутової стічної води від усіляких з включень має працювати в границі між значенням $G_{p.min}$ та $G_{p.max}$ для розрахунку швидкості фільтрації води $V_{ф.р}$. Для стічної води, взятої для дослідження, розрахункова швидкість становить $V_{ф.р} = 3$ м/год.

Графіки зміни залишкової питомої брудомісткості КОФ по БПК₅ протягом часу промивки $t_{пр}$ при інтенсивності $q_{пр}$: 1– $q_{пр.1} = 20$ дм³/с·м²; 2 – $q_{пр.2} = 15$ дм³/с·м² наведено на рисунку 3.

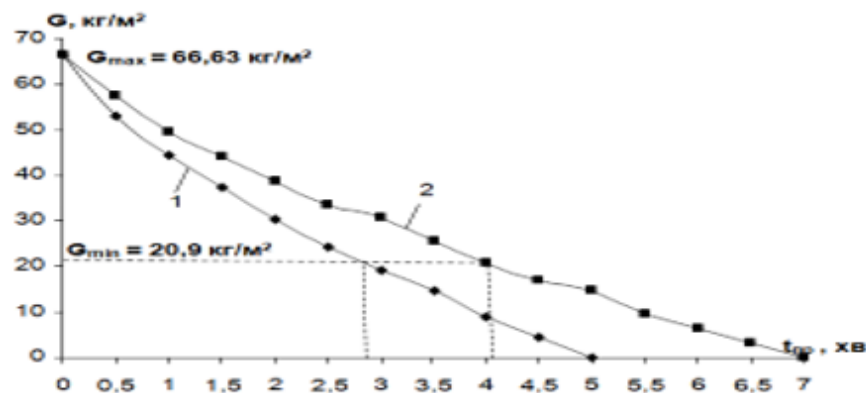


Рисунок 3 - Графіки зміни залишкової питомої брудомісткості контактної освітлюючий фільтр КОФ по БПК₅ протягом часу промивки $t_{пр}$ при інтенсивності $q_{пр}$: 1– $q_{пр.1} = 20$ дм³/с·м²; 2 – $q_{пр.2} = 15$ дм³/с·м².

Опираючись на наукові дослідження біологічного чищення стічної води на лабораторному приладі, який наведено на рисунку 4 була показана схема автономної

каналізаційної очисної станції «Віяпласт», до складу якої входять фільтри із завантаженням волокнисто-пінопласту. На відміну від лабораторного приладу, «Віяпласт» знаходиться нижче за рівень землі, є датчики контролю рівня води та апарат автоматичного керування, який виконує повне біологічне чищення стічної води літом та взимку, являється компактною і простою в використанні. Схему очисної станції «Віяпласт» наведено на рисунку 4.

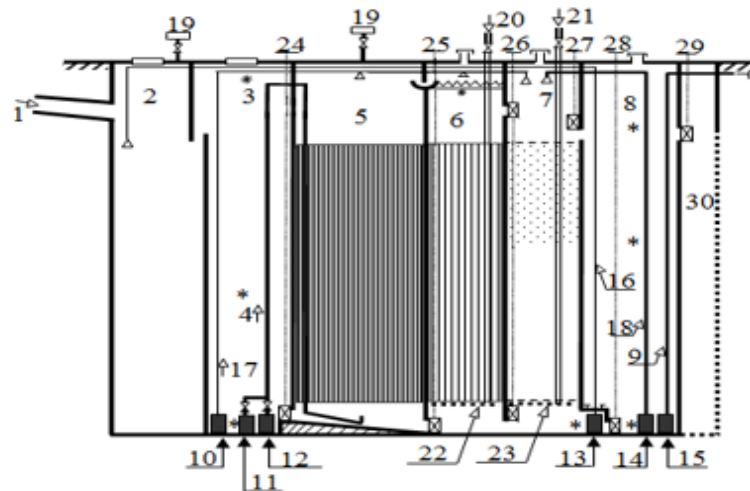


Рисунок 4 – Схема очисної станції «Віяпласт»: 1 – трубопровід самотечної подачі стічних вод; 2 – ємкість відстоювання; 3 – ємкість збору очищеної води, вона ж регулююча ємкість; 4 – трубопровід подачі відстояної води в анаеробний біореактор (5); 5 – анаеробний біореактор з волокнистим завантаженням типа «Вія»; 6 – аеробний біореактор з волокнистим завантаженням типа «Вія»; 7 – контактно-освітлюючий фільтр (КОФ) із завантаженням у вигляді кульок пінопласту; 8 – ємкість для збору очищеної води; – трубопровід, по якому відводиться очищена вода за прибудови станції; 10 – насос, що подає відстояну воду для промивання фільтрів; 11,12 – насоси які по черзі подають відстояну воду в анаеробний біореактор (5); 13 – насос, що відкачує осад і промивну воду з фільтрів (5,6,7); 14 – насос, що подає очищену воду для промивання КОФ; 15 – насос, що відкачує очищену воду за прибудови станції; 16 – трубопровід, по якому відводиться осад і промивна вода з фільтрів (5,6,7); 14 – насос, що подає очищену воду для промивання КОФ; 15 – насос, що відкачує очищену воду за прибудови станції; 16 – трубопровід, по якому відводиться осад і промивна вода з

фільтрів (5,6,7) в ємність відстоювання (2); 17 – трубопровід по якому подається відстояна вода для промивання фільтрів (5, 6, 7); 18 – трубопровід, по якому подається очищена вода для промивання КОФ; 19 – газовіддільник; 20 – трубопровід з регулюючим вентиляем, по якому подається повітря від компресора у повітророзподільну систему аеробного біореактора; 21 – трубопровід з регулюючим вентиляем, по якому, на першому етапі промивання, подається повітря від компресора в повітророзподільну систему контактено-освітлюючого фільтру; 22,23 – повітророзподільні системи; 24 – шибер, необхідний в період аварійного режиму роботи станції; 25,26,27 – шибера, необхідні під час промивання фільтрів; 28 – шибер, необхідний для спорожнення ємкостей (3,5,6,7,8); 29 – шибер для подачі очищеної води в ємність з фільтраційними вікнами (30); 30 – ємність з фільтраційними вікнами.

Очищувальна станція «Віяпласт» виконує анаеробно-аеробне біологічне очищення господарчо-побутової стічної води за допомогою і вільно-плаваючих мікроорганізмів, які там закріплені. Чищення відбувається в анаеробному і аеробному біореакторах та контактено-освітлюючому фільтрі з попереднім відстоюванням стоків води в баки для відстоювання.

Провівши дослідження було доказано: що самими найкращим направленням у біологічному чищенні стоків води являється їх прохід крізь спорудження із мікроорганізмами, які там закріплені та висхідна фільтрація крізь фільтри з плаваючим завантаженням. Це дуже просте та дешеве чищення стічної води та оброблення осаду; цей метод чищення води і будова очисної приладу малої продуктивності з волокнисто-пінопластовим завантаженням вбезпечить ефект чищеної побутової води від будинків, де немає каналізаційної мережі до існуючих вимог для їх злиття у водоймища, які призначені для рибного господарства; очищувальна станція, матиме широке вживання при чищенні господарчо-побутової стічної води населеної території невеликої потужності; чищену воду і біогаз потрібно застосовувати для технічних нужд, а осад, який зігнів використовувати як добриво.

2.2 Очищення побутових стічних вод інноваційним методом мембранного розподілу

На сьогодні із зростом антропогенного впливу на навколишнє середовище (фауну і флору) та зростанням у всьому світі попиту на питну воду дуже насущними стають запитання очищення природної та стічної води.

Стічні води житлово-комунального господарства населеної території являється основним забруднювачем водного басейну в Україні. Основна кількість стічної води житлово-комунального господарства складає 31 % загального водовідведення України, а величина забрудненої стічної води житлово-комунального господарства - 38 % усієї кількості забрудненої стічної води, що потрапляють у водосховища.

Біологічне чищення являється самим звичним методом чищення стічної води, що моделює стадії природного самоочищення, хоча споруди, які уже існують, не можуть забезпечити кінцевого чищення стічної води від органічних сполук, різних бактерій та вірусів. Побудова нових, перебудова вже існуючих очисних споруджень приводять до потреби в великій території землі, а їх використання приводить до значних матеріальних втрат.

Зростання зливання стічної води веде до погіршення якості води водних басейнів, а саме: зростає кількість завислих речовин, розчинених органічних речовин, концентрація нафтопродуктів та нафти, а також штучних поверхнево-активних речовин тощо. У наслідок цього, коли відбувається зростання екологічної проблеми, знаходження інших способів чищення стічної води, а саме таких, котрі знайшли б широке використання при проведенні каналізаційної мережі у невеликих населених регіонах, сюди ж відносяться і окремо розміщені військові частини, є нагальним. Головним із напрямів являється удосконалення системи водопостачання і водовідведення, а також це - застосування новітніх технологій, головним із яких являється мембранний спосіб очищення стічної води, або його ще називають –

мембранний розподіл [22].

Об'єктом дослідження являлася питна вода мережі водопостачання та побутова стічна вода каналізованої мережі. Ціллю дослідження являється вивчення уже існуючих нових способів очищення природної та стічної води, наприклад, мембранного розподілу. Експерименти робилися з застосуванням способів аналізування і узагальнення наукової літератури.

Мембранний розподіл відбувається чи під тиском, чи методом електродіалізу.. Мембранний розподіл під тиском розділяється за величиною пор мембран, а отже і величини задержаних часток на: мікрофільтрацію, ультрафільтрацію, нанофільтрацію, зворотний осмос.

Основні параметри мембранних процесів подано у таблиці 4.

Таблиця 4 - Основні параметри мембранних процесів

Параметр	Одиниці вимірювання	Мікро фільтрація	Ультра фільтрація	Нано фільтрація	Зворотній осмос
Середній ефективний розмір пор	мкм	>0,1	0,1-0,01	0,01-0,001	<0,001
Максимальна молекулярна вага, що відсікається	тис. а.е.м.	>200	1-200	<1	-
Перепад тиску при фільтрації	бар	<2	1-10	5-20	15-80
Потік через мембрану	л/м ² час	85-170	40-136	17-85	<20

Використовуючи метод мікрофільтрації з стічної води видаляються зважені речовини, колоїдні розчини, мікроорганізми, метали, фосфор, знижується жорсткість води; знижується концентрація завислих речовин в стічній воді, колоїдів та деяких органічного забруднення, відділяються бактерії та деякі групи вірусів, а також знижується жорсткість води. методом нанофільтрації відбувається видалення з стічної води пестицидів, двовалентних аніонів, а також знижує її жорсткість. Методом зворотного осмосу можна з стічної води виділяти деякі солі, нітрати,

нітриту, аміак, фосфор, фториди та радіоактивні елементи. Мембранний розподіл застосовується для очищення природної води та для господарсько- побутових стоків вод [23].

Застосовуючи мембранний розподіл разом із звичайним біологічним очищенням можна виділити із господарсько-побутової стічної води токсичні, біорезистентні та канцерогенні сполуки.

На сьогодні у світі налічується біля 2000 установок виду мембранного розподілу. Такі установки розміщуються в Італії (Syndial), Німеччині (Nordkanal), США (Templ, Kyrene, Trocverse Sity, Bonita Springs, MarcoIsland, Redlands) тощо. В Казахстані також вирішується питання про застосування на каналізаційних очищувальних спорудження таких установок [24].

Дослідження по удосконаленню апаратів такого виду, що застосовуються для очищення господарсько-побутових виробничої стічної води особливо завзято проводяться у Китаї, Франції тощо[25].

Так, ЗАТ «Новокуйбишевська нафтохімічна компанія» проводила дослідження по очистці стоків нафтоперероблюваного заводу з використанням даних установок. Установлено, що концентрація нафтопродуктів в стічній воді знижувалась з 21 мг/л до 0,5-1,2 мг/л, концентрація зважених речовин з 25-30 мг/л до 0,5-1 мг/л, азоту амонійного – з 5-6 мг/л до 0,5-1 мг/л, ХПК - з 180 мг/л до 50-70 мг/л, а БПК₅– з 30-40 мг/л до 0,5-1 мг/л.

З метою проведення опріснення морської води на судах, кораблях та підводних човнах дуже часто широко застосовуються зворотньоосмотичні апарати.

Мембранні установки застосовуються для очищення стічної води на коксохімічному виробництві, на яких знаходиться багато забруднення ціанідами, сполуками азоту та сульфідами; для очищення стічної води, в якій знаходяться поверхнево активні речовини (ПАР), жировміщуючі стічні води господарств харчової промисловості.

Експерименти, проведені українськими вченими на НПФ «Екотон» (м. Харків) довели і підтвердили такі пріоритети мембранних біореакторів - це очищення стічної води до встановлених стандартом нормативів, які потрібні при зливанні в водосховище призначене для рибного господарства; невелика ділянка споруджень; самий малий розмір санітарно- захисної зони; найменша величина опадів, які утворилися; здатність контролювати роботою апарату віддалено використовуючи Інтернет чи стільниковий зв'язок; а також повторне застосування очищеної стічної води.

При проведенні очищення міської стічної води з використання мембранних біореакторів одержали наступні показники: БПК_{повн.} –нижче 3 мг/л, азот амонійний – нижче 0,35 мг/л, зважені речовини – нижче 2 мг/л, якість виділення фосфору – вище 90 – 95%, якість виділення азоту – вище 70 – 80%, якість виділення бактерій – 99,99%, якість виділення вірусів – 99%.

Все це доводить, що вдале застосування апаратів мембранного розподілу в централізованих системах постачання та відведення води, у майбутньому має дуже великі перспективи. Результатами цих розробок слід скористатися також При виборі способу очищення стічної води від невеликих населених регіонів, а також військових частин, які розташовані окремо слід використовувати результатами цих опрацювань.

2.3 Технологічні схеми очищення побутових стічних вод

2.3.1 Методи очищення стічних вод

З метою знешкодження отруйних і небезпечних характеристик, що можуть викликати погані наслідків у навколишньому середовищі, потрібно застосовувати очищення стічної води. Використання різноманітних методів чищення, напрямлене на нейтралізацію, знешкодження чи утилізацію речовин. Із цього слідує, що вибір

методів чищення та устаткування залежать перш за все від характеристики стічної води та від властивостей природної води. Отже, вибираючи метод очищення стоку води, слід звернути увагу на шкідливі фактор (ШФ), що притаманні стічній воді.

До шкідливих факторів відносяться як токсичні речовини — нафтопродукти, поверхнево активні речовини, йони важких металів, так і узагальнені показники - це агресивне середовище, загальна жорсткість (повинна бути більше допустимої), вміст амонійного азоту, окиснення тощо.

Щоб привести ці проблеми до мінімуму, зважені частини, зачасту, потрібно видалити чи зменшити до певного рівня перед застосуванням.

Великі зважені частини легко виділяються механічним шляхом фільтрування чи відстоюванням. Чуть-чуть дрібніші зважувальні частинки, так звані колоїдні частинки, видаляються трудніше, тому потрібне фільтрування або осаджування [25].

Присутність у стічних водах шкідливих чинників розраховується з аналізу властивостей стічної води. Кожному шкідливому чиннику відповідає клас показників, а саме присутність у стічній воді шкідливих чинників можна розрахувати скількома характеристиками, при відсутності у стічній воді загальної характеристики, буде відсутнім і шкідливий чинник.

Шкідливі фактори стічної води можна поділити на групи і в кожній групі виділити один або групу показників, котрі могли б розраховувати цю групу, яку назвемо називати ідентифікатором класу шкідливих факторів.

Відповідно від величини стічної води та будови забруднення застосовують такі способи очищення: механічні, хімічні, фізико-хімічні, фізичні, біохімічні та комбіновані. Класифікація методів очищення стічних вод представлена на рисунку 5.

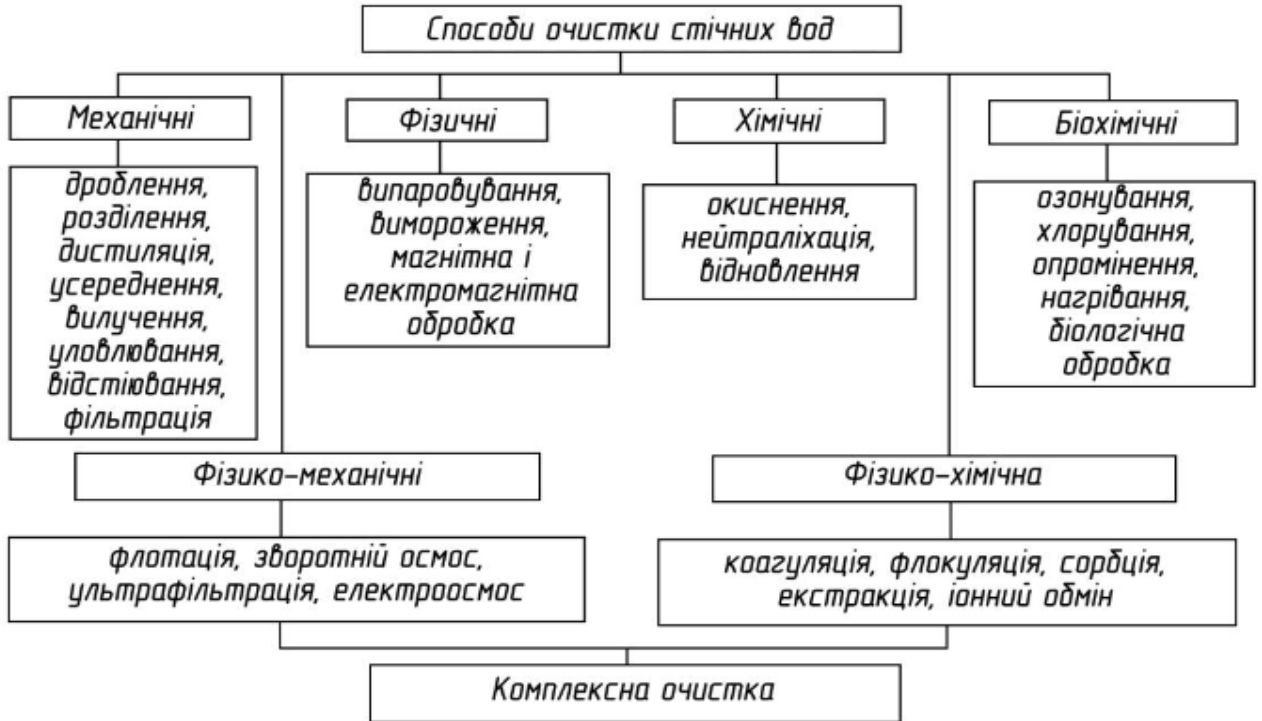


Рисунок 5 - Схема класифікації способів очищення стічних вод

Визначені способи, поділяють на рекупераційний та деструктивний. Рекупераційні способи прогнозують видалення із стічної води та дальніше перероблення дуже важливих речовин. При деструктивних способах сполуки, які забруднюють стічні води, підлягають руйнуванню ходом окиснення або відновлення. Речовини, які при цьому утворились, виділяють із стічної води у виді газу або дощових опадів.

Вибирання найкращих технологічних схем очищування стічної води дуже важке завдання, яке викликане наявністю різних вкладень, які розміщуються у стічній воді, а також вимогами, які ставлять до ефективності очищування стічної води. При виборанні методу очищування від вкладень потрібно брати до уваги не тільки їх будову у стічних водах, але також і вимоги, що повинні відповідати нормам при очищуванні води: при зливанні у водоймища – гранично допустимі скиди (ГДС) та

гранично допустимі концентрації (ГДК) речовин, а при застосуванні очищеної стічної води у господарстві – такі вимоги, які потрібні для виконання певних технологічних процесів.

Схеми очищування, які застосовуються мають максимально забезпечувати використання очищеної води в головних технологічних процесах та самий малий їх викид у відкриті водосховища. При великому застосуванні оборотних систем існують ще інші резерви у зменшенні втрат чистої води та зниження зливання стічної води у водосховища, а саме удосконалення технологічних процесів, збільшення якості очищування стічної води.

Стічна вода вважається чистою, коли її відведення у водні об'єкти не приводить до недотримання норм якості води в контрольованому створі або точці користування водою.

Ступінь очищування стічної води при зливанні їх у водосховища розраховується нормативами якості води водосховища в розрахунковому створі та великою міркою залежить від фонового забруднення. Для пониження концентрацій шкідливих вкладень, які знаходяться у стічній воді до певної величини потрібне конкретне очищування. У зв'язку з цим, дуже важливе значення надається надійному контролю за ступенем очищування стічної води, так як вимоги до якості очищувальної води величина гранично допустимої концентрації (ГДК) у більшій частині шкідливих речовин понижується а, у зв'язку з цим стає важче їх розраховувати [26]. Окрім цього того, затрудняється контроль при розрахунку концентрацій шкідливих речовин у дуже розведеній стічній воді.

Наведемо приклад. Для пониження вмісту солі стічній воді з ціллю їх повторного застосування приймають фізико-хімічні способи: іонний обмін, зворотний осмос, електродіаліз, дистиляція, випарювання. Воду, яка пройшла етап знесолювання, уже можна застосовувати для різноманітних технологічних нужд: промивати деталі, охолоджувати устаткування, перетворювати в пари тощо. Окрім

цього, зі стічної води можна видаляти дорогі елементи, кислоти, луги. Застосування стічної води на цих етапах дуже залежить від вимог до ефективності оборотної води. Вибираючи прибори для оброблення стічної води потрібно виконувати шляхом порівнювання показників якості води з властивостями та ефективністю устаткування.

Метод очищування стічної води промислових підприємств - це багатостадійний процес, коли на кожній із етапів використовуються різноманітні способи очищування стічної води та відповідне устаткування очищення води. Якщо в стічній воді знаходяться завислі та емульговані частини, певні групи речовин, то це спричинено тим, що деякі способи, особливо глибокого очищування стічної води не можна застосовувати не можна. Окрім цього, усі способи очищування стічної води мають границі концентрацій за забруднюючими речовинами, від яких даний спосіб варто застосовувати. Отже впливає питання попереднього оброблювання стічної води перед використанням основних способів чищення. Застосування стадійного оброблювання стічної води можна пояснити тим, що комбінацією кількох ходів можна набагато збільшити якість чищення води та досягнути потрібного ступеня. Для певних промислових виробництвах використовується різна кількість етапів очищення води і це залежить від методів проведення чищення та способів, які використовуються, а також будови стічної води тощо.

Самим вірним, буде розподіл етапу чищення стічної води на чотири фази, адекватно до поділу забруднюючих речовин на основі їх фазово-дисперсного стану за систематизацією науковця академіка Л. А. Кульського [27].

На першій фазі чищення стічної води потрібно виділити грубодисперсні емульсії та грубодисперсні завислі частки, а також провести нейтралізацію отруйних речовин та видалити мастила. Коли таких забруднень у стічній воді не знаходиться, то можемо розпочинати чищення зразу ж з другої фази, де виділяються всі дрібні дисперсні механічні вкладення, а також може відбуватися підготування стічної води для подальшого чищення: пониження агресивного стану стічної води та зменшення

недопустимих концентрацій деяких забруднювачів. На третій фазі чищення проходить чищення стічної води майже від усіх речовин-забруднювачів до потрібного ступеня. На четвертій фазі доочищення стічної води, використовуються способи, які надають шанс видалити з води сполуки, які розчиняються.

Використання певних способів чищення чи їх поєднання на будь-якому етапі обробки стічної води розраховується хімічною будовою та фізичними показниками стічних вод. Як бачимо, друга та третя фази являються необхідним елементом будь-якої схеми обробки стічної води. Первинна та вторинна фаза обробки стічної води являється основою любого процесу чищення. Перша фаза представляє собою попередню обробку, а кінцева фаза це є глибоке чищення стічної води.

Проаналізуємо головні властивості етапів водоочищення.

Попереднє чищення стічної води.

При наявності у стічній воді промислових виробництв грубодисперсних завислих частинок чи волокон, наприклад, виготовлення керамічних виробів, мастил та нафтопродуктів необхідне якісне попереднє чищення стічної води:

- 1) первинне відстоювання із використанням чи без використання хімічних речовин відносно від будови стічних вод;
- 2). пропускання через решітку чи сітчастий фільтр;
- 3) пропускання стічних вод крізь гравійний фільтр – це грубе фільтрування стічної води;
- 4) флокуляція та коагуляція,;
- 5) виділення токсичних речовин із стічної води;
- б) застосування для чищення стічної води від нафтопродуктів та мастил мастиловловлювачів.

Для того, щоб збільшити завислі та колоїдні частки дисперсної форми та перевести їх у фільтровану форму при необхідності можна в стічну воду додати флокулянтів.

Первинне чищення стічної води.

Насьогодні є багато різноманітних методів первинного оброблювання стічної води, які різняться за якістю:

- 1) механічне первинне чищення стічної води;
- 2) хімічно підсилене первинна обробка;
- 3) первинна обробка суспензії;
- 4) первинна біологічна очистка стічних вод.

Первинне оброблювання стічної вод являється механічним чищенням, не зважаючи на те, що тут проходить також пониження концентрації конкретних забруднень стічної води. Цей процес являється неоднозначним, способи, які використовуються, здатні дуже сильно різнитися за правилом чищення стоків води.

Вторинне оброблювання стічної води.

Вторинне оброблювання являється основною стадія очищення стічних вод, де відбувається вилучення зі стічної води забруднювачів. При оброблюванні на цьому етапі поруч із фізико-хімічними способами чищення стічної води зачасту застосовують методи біологічного очищення. Способів, які застосовуються на вторинному обробленні, багато і їх вистачає для якісного чищення стічної води.

Стадії очищення стічних вод наведено на рисунку 6.



Рисунок 6 - Стадії очищення стічних вод

2.3.2 Технологічна схема механічного очищення стічних вод

За схемою, наведеною на рисунку 7, стічні води проходять механічне очищення в наступному порядку: великі забруднення – це тканина, різний папір, кістки, останки овочів, фруктів залишаються на решітці; мінеральні важкі включення, в основному це пісок, залишається на піскоуловлювачах; органічні включення, які не розчиняються, залишаються у відстійниках. Наступна стадія стічної води - це процес знезаражування, зазвичай хлорування, а потім стічна вода виливається і випускають у водосховище [6,28] .

Осад, який утворився обробляють наступним чином: крупні частки забруднення з решіток скидають у контейнери та перевозять на смітники; а пісок із пісковловлювачів просушують на піскових площадках. Технологічна схема механічного очищення стічних вод наведена на рисунку 7.

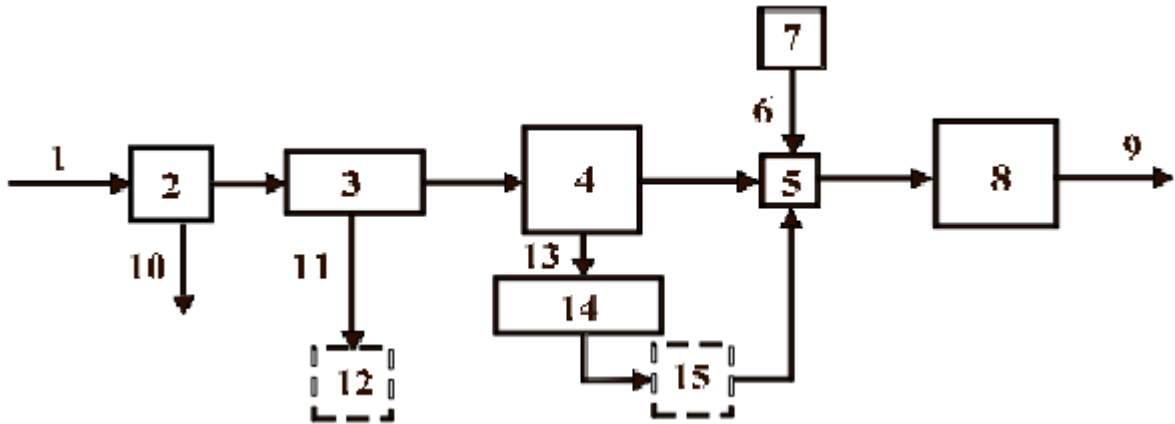


Рисунок 7 – Технологічна схема механічного очищення стічних вод: 1 – подача стічної води на очищення; 2 – ґрати; 3 – пісковловлювач; 4 – відстійник; 5 – змішувач; 6 – хлорна вода; 7 – хлораторна; 8 – контактний резервуар; 9 – спуск очищеної води у водоймище; 10 – крупні відходи; 11 – піщана пульпа; 12 – піскові майданчики; 13 – осад відстійника (сирий осад); 14 – метантенк; 15 – мулові майданчики

Метод оброблення стічної води має забезпечити дану ступінь очищення при малих витратах. Відповідно до потрібного ступеня очищення стічної води та дальнішого застосування очищеної води розглядаємо різні технологічні схеми. Двохступінчата схема являється самою звичайною для очищення побутової стічної води, вона має у собі і механічне, і біологічне очищення. Із ростом вимог до охорони навколишнього середовища та утворення певних умов для застосування очищеної стічної води в сільському господарстві та промисловості призвело до розроблення нових технологічних схем із глибоким очищенням біологічно очищеної стічної води.

На сьогодні очищення стічної води проводять механічним, хімічним, фізико-хімічним та біологічним способами. Перед скиданням у водний басейн очищена стічна вода підлягає знезаражуванню з ціллю - знищити патогенні мікроорганізми і шкідливі бактерії.

Блок схему очищення стічних вод наведено на рисунку 8.

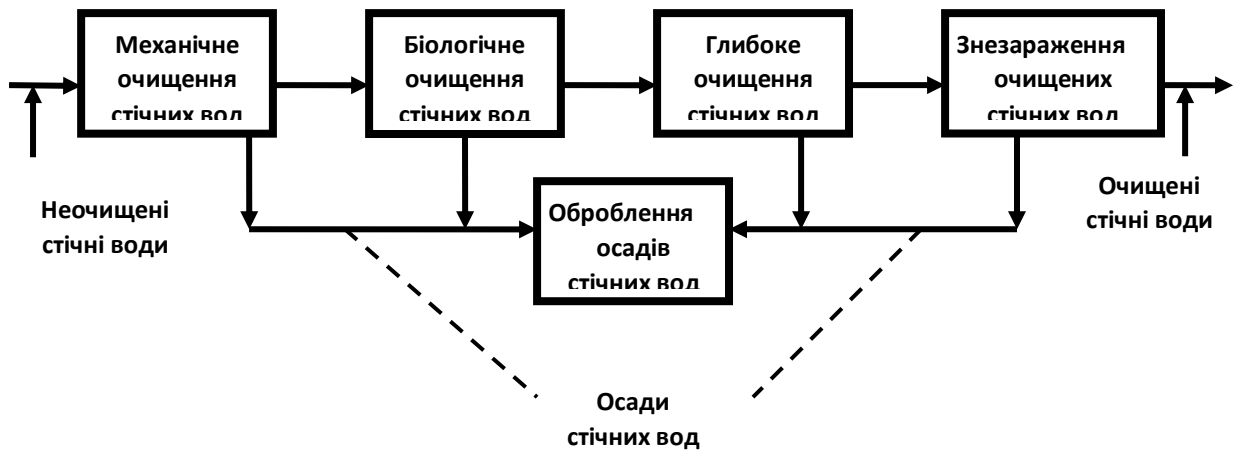


Рисунок 8 – Блок схема процесу очищення стічних вод

Побутові стічні води очищуються механічним та біохімічним методами, шкідливі бактерії руйнують - знезаражують, інакше кажучи проводять дезінфекцію.

Механічні способи очищування дають можливість осідати не більш 60% завислих сполук. При використанні різноманітних методів інтенсифікації, таких як преаерація, біокоагуляція та освітлювання в завислому шарі чи тонкошарове відстоювання, приводить до підвищення якості осадження.

Механічне очищування це видалення завислих та частково колоїдних частинок. Для цього використовуються наступні спорудження:

- грати — для відділення крупних частинок: ганчірки, мочала, різний папір тощо;
- піскоуловлювачі—для утримання крупних мінеральних вкладень: пісок, шлаки тощо;
- відстійники — для виділення завислих речовин та мулу.

Спорудження, де проходить механічне очищення, розмішують у такому технологічному порядку, який дає можливість видаляти перш за все самі великі частинки забруднень (решітки, сита), потім сполуки мінеральних походжень, в основному це пісок (піскоуловлювачі різноманітних видів, гідроциклони), а потім головна маса самих дрібних завислих сполук (відстійники різноманітних видів).

Очищувальна станція являється групою споруджень, апаратів і комунікацій, які служать для очищення стічної води, оброблювання осаду, який утворився, а отже і додаткових об'єктів, які потрібні для виконання, керування та контролювання за технологічним ходом, утворення певних умов для обслуговуючих робітників, а також доставки на станцію електричної енергії, тепла, матеріалів та комплектуючих матеріалів.

Такий комплекс споруджень для очищення стічної води та оброблення осаджених речовин, побудований у даному технологічному порядку, називається технологічною схемою. Найчастіше технологічна схема складається із споруджень механічного та біологічного очищення, доочистки та знезараження стічної води, а також оброблення осаду.

Технологічна схем очищення стічної води приймається згідно до правил проєктування певних споруджень та техніко–економічних показників відпоовідно від:

- будови та характеристики стічної води;
- потрібного ступеня очищення стічної води;
- продуктивності очищувальної станції, а також концентрації забруднення;

- методу дальнішого застосування очищеної стічної води;
- спроможності водоймища, куди потрапляє очищена стічна вода;
- способу утилізації осаду, який утворився;
- місцевих природних умов: рівня ґрунтової води, рельєфу території, розмірів площі де будуть розміщатися очищувальні спорудження та величина санітарно-захисної території, комунікацій тощо.

Розрахований ступень говорить про те, який ефект затримування забруднюючої сировини потрібно отримати на очисних спорудженнях.

Вид очищувальних споруджень, розмір, кількість беруть та розраховують відповідно до правил існуючих будівельних норм. Технологія оброблення осаду, який з'являється в ході очищування, розраховується відповідно від їхніх характеристик, об'ємів, присутності території.

На основі розрахованого потрібного ступеня очищування стічної води підбирають спосіб очищування за даними таблиці.

Залежність методу очищення від потрібного ступеня очищення наведено в таблиці 5.

Таблиця 5 - Залежність методу очищення від потрібного ступеня очищення

Рекомендовані методи очищення	Необхідний ступінь очищення, мг/л	
	за завислими речовинами	за БПК _{повн}
Механічна очистка	80	–
Механічна і частково біологічна очистка	25 – 80	25 – 80
Механічна і повна біологічна очистка	15 – 25	15 – 25
Механічна, повна біологічна очистка і доочищення	<15	<15

Оброблення міської стічної води, яка являє собою суміш побутової та промислової стічної води здійснюють найчастіше в наступному порядку: механічне очищення на решітках, у піскоуловлювачі та первинному відстійнику; біологічне очищення в аеротенках чи біофільтрах та вторинному відстійнику; знезаражування та зливання у водний басейн чи на повторне застосування в сільському господарстві та промисловості. Оброблення осадів проводять у метантенках з послідуєчим зневоднюванням та термічним сушінням на мулових платформах чи в мулових ятавках. Концентрація завислих речовин при знаходженні необхідного ступеня очищення стічної води має бути пониженою на 40 – 50 %, а величина показника БПКповн – пониженою на 20 – 30 %, то в цьому випадку можна зупинитись на механічному очищенні .

Стічні води, які потрапляють на очищувальну станцію, протікає крізь решітки, піскоуловлювачі, відстійники та знезаражується хлором (Cl). Відходи, які залишаються на решітках прямує до дробарки та у виді пульпи потрапляє в канал перед чи за решітками. Іноді затриманий на решітках осад вивозять на полігон. Осаджені речовини з піскоуловлювачів потрапляють на піскові платформи. Потім із відстійників осади поступають у метантенки. Для проведення методу зневоднення осаду, який збродив, застосовують мулові платформи, наступний етап - дренажна вода з цих платформ потрапляє в канал перед контактним резервуаром.

При більших витратах стічних вод – від 50 тис. м³ /добу застосовують Технологічна схема очищувальної станції з механічним очищенням стічної води використовується, коли втрати стічної води більше 50 тис. м³ /добу. Механічна очистка стічної води відбувається на решітках, у піскоуловлювачах і відстійниках. Технологічна схема очисної станції з механічним очищенням стічних вод подана на рисунку 9.

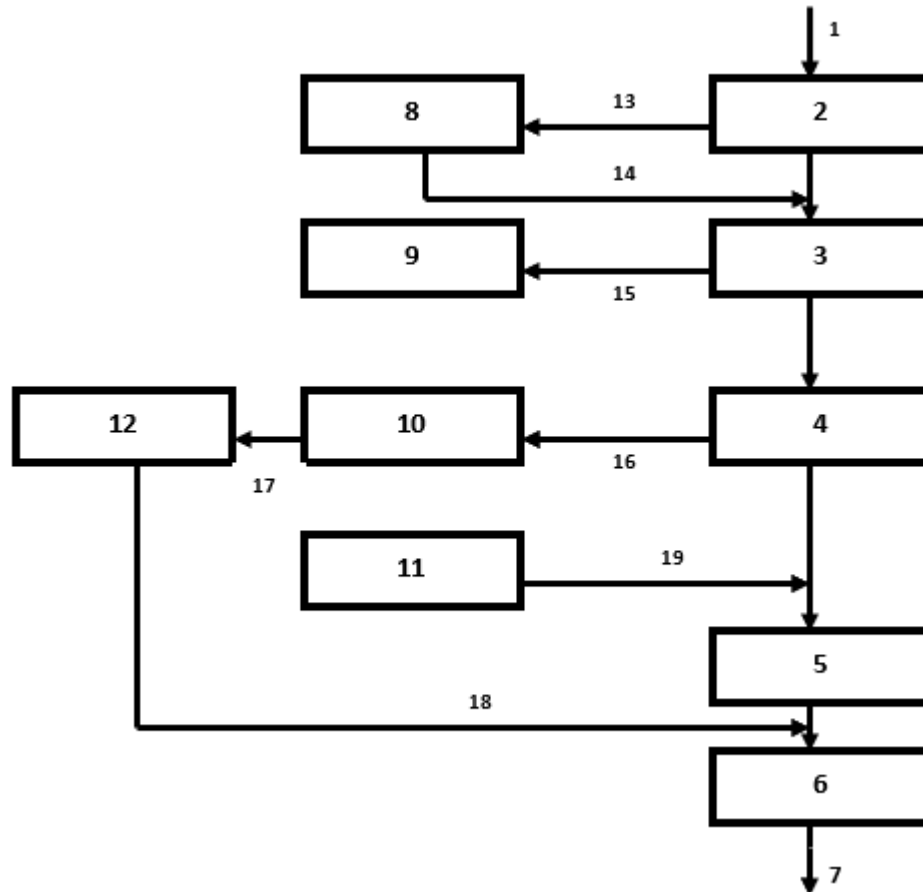


Рисунок 9 – Технологічна схема очисної станції з механічним очищенням стічних вод: 1 – стічна вода; 2 – ґрати; 3 – піскоуловлювачі; 4 – відстійники; 5 – змішувачі; 6 – контактний резервуар; 7 – випуск; 8 – дробарки; 9 – піскові майданчики; 10 – метантенки; 11 – хлораторна; 12 – мулові майданчики; 13 – сміття, затримане ґратами; 14 – пульпа; 15 – піщана пульпа; 16 – сирий осад; 17 – зброджений осад; 18 – дренажна вода; 19 – хлорна вода.

Для прискорення процесу осаджування завислих речовин перед первинними відстійниками можна застосовувати реаератори, до яких поступає деяка кількість надлишкового активного мулу в якості біофлокулянта. Так званий сирий осад з первинних відстійників поступає до метантенків.

Біологічне очищення стічної води за даною схемою проводиться в аеротенках. Аеротенк - це розкритий резервуар, де знаходиться суміш активного мулу та стічна вода, яка пройшла стадію прояснення.

Для гарної життєвої діяльності мікроорганізмів в активного мулу до аеротенків потрібне надходження повітря, яке поступає через повітродувки, які знаходяться в машинному приміщенні. Очищена стічна вода та активний мул із аеротенків поступають у вторинний відстійник, в якому відбувається осадження активного мулу та більша його кількість знову вертається до аеротенків. У даній системі аеротенк – вторинний відстійник кількість активного мулу зростає внаслідок його зростання, і частка активного мулу - надлишкового активного мулу, виділяється з вторинного відстійника та прямує до мулоущільнювача, кількість мулу стає менше в 4–6 разів, а утрамбований надлишковий мул переміщується до метантенк. Стічна вода, яка очистилась, проходить стадію знезаражування, частіше стічна вода хлорується у контактному резервуарі та попадає у водний басейн. Схема розташування споруд і обробки осаду станції біологічного очищення стічних вод у аеротенках наведена на рисунку 10.

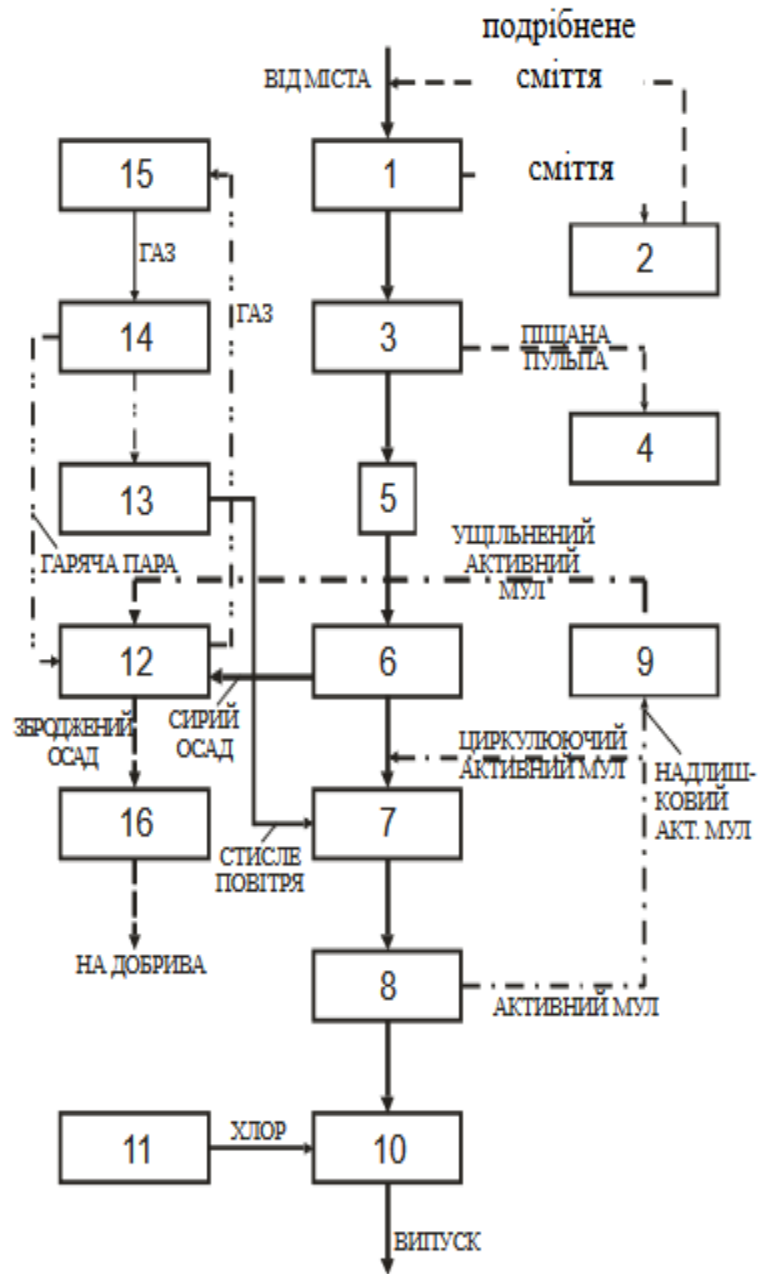


Рисунок 10 – Схема розташування споруд і обробки осаду станції біологічного очищення стічних вод у аеротенках: 1 – ґрати; 2 – дробарка; 3 – піскоуловлювач; 4 – піскові бункери; 5 – вимірювач витрати; 6 – первинні відстійники; 7 – аеротенки; 8 – вторинні відстійники; 9 – мулоущільнювачі; 10 – контактні резервуари; 11 – хлораторна; 12 – метантенк; 13 – машинне відділення; 14 – котельня; 15 – газгольдери; 16 – зневоднення збродженого осаду.

Осад, що збродився у метантенках прямує для проходження стадії механічного зневоднення на вакуум–фільтрах чи фільтр–пресах. Зневоднений осад піддають термічній сушці та застосовують як добриво.

На рисунку 11 наведена технологічна схема біологічного очищення стічних вод на біофільтрах. Такі схеми використовують для витрат стічних вод близько 10–20 тис. м³/добу.

Пройшовши цикл механічного очищування стічна вода потрапляє на біофільтри, а затім у вторинні відстійники, де утворюється біологічна плівка, так звана біоплівка, яка зливається стічною водою з біофільтрів, а потім стічна вода прямує до контактного резервуару, де відбувається процес дезінфекції та потрапляє водоймища.

Забруднена стічна вода, яка проходить крізь фільтрувальне завантажування біофільтра, лишає завислі й колоїдні органічні сполуки, які не залишились в первинних відстійниках, утворюють біоплівку, яка щільно усіяна мікроорганізмами.

Мікроорганізми біоплівки окиснюють органічні сполуки, даючи потрібну енергію для їх життєвої діяльності. Отже, із стічних вод виділяються органічні сполуки, а в масі біофільтра зростає кількість біологічного шару. Зношена та відмерла біологічна плівка змивається стічними водами, які течуть, та видаляються з біофільтра.

Технологічна схема біологічного очищення стічних вод на біофільтрах наведена на рисунку 11.

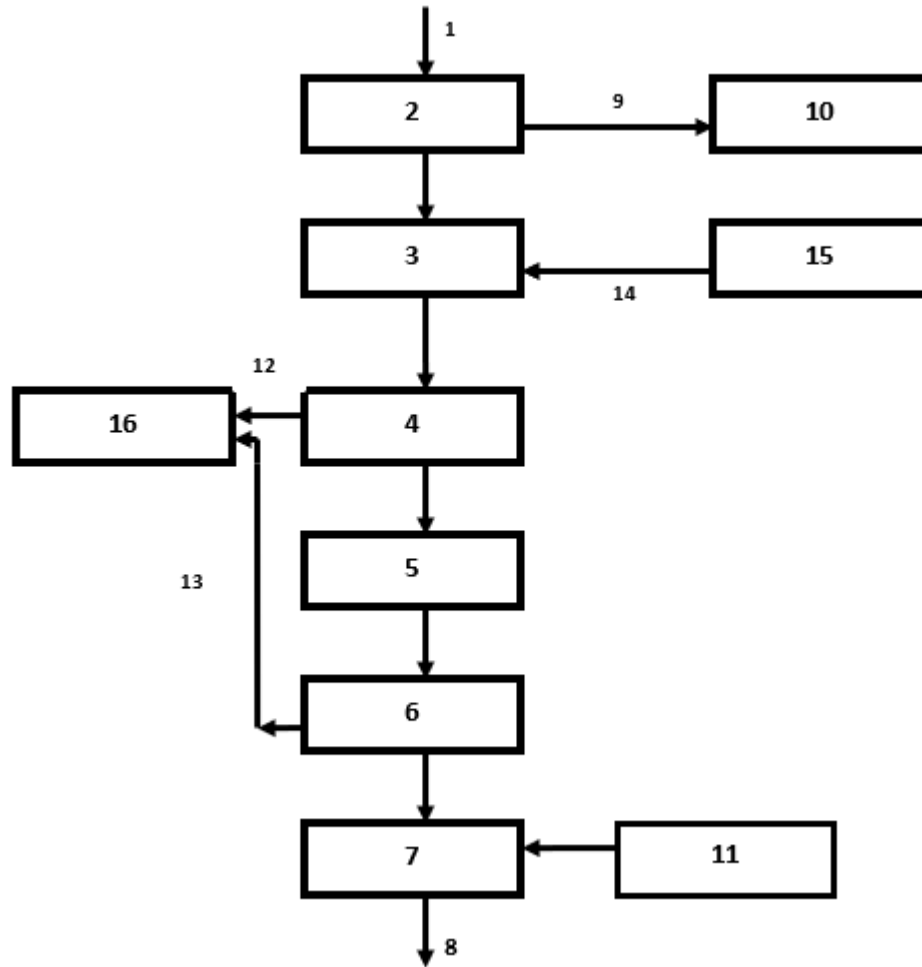


Рисунок 11 – Технологічна схема очисної станції з біологічним очищенням стічних вод на біофільтрах: 1 – стічна вода; 2 – ґрати; 3 – піскоуловлювачі; 4 – первинні відстійники; 5 – біофільтри; 6 – вторинні відстійники; 7 – контактний резервуар; 8 – випуск; 9 – осади, затримані ґратами; 10 – дробарки; 11 – хлораторна установка; 12 – осад з первинних відстійників; 13 – біоплівка з вторинних відстійників; 14 – пісок; 15 – бункер піску; 16 – мулові майданчики.

Фізико-хімічне очищення міської стічної води використовується для чищення втрат які складають 10–20 тис. м³/добу. На рисунку 12 наведена технологічна схема фізико-хімічного очищення стічних вод.

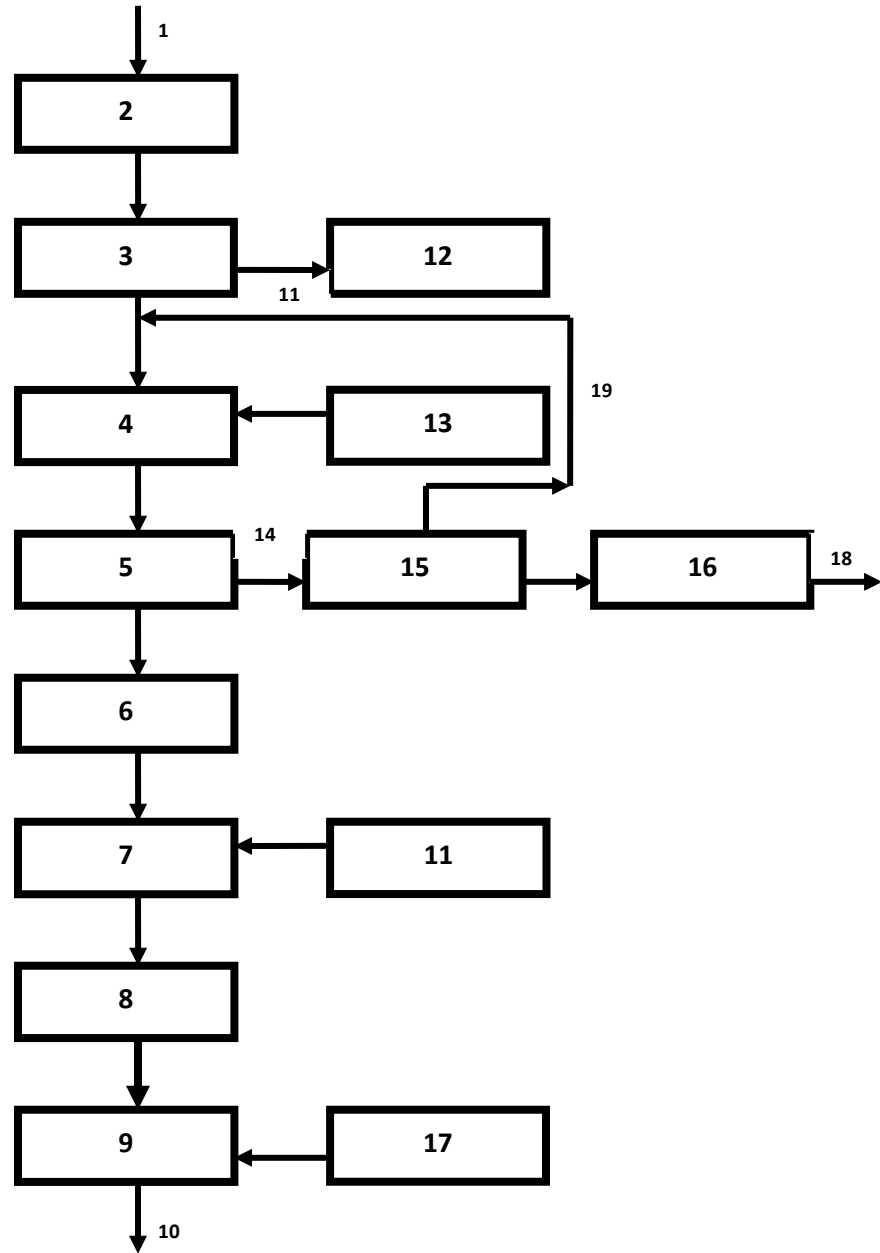


Рисунок 11 – Технологічна схема очисної станції з біологічним очищенням стічних вод на біофільтрах: 1 – стічна вода; 2 – ґрати; 3 – піскоуловлювачі; 4 – первинні відстійники; 5 – біофільтри; 6 – вторинні відстійники; 7 – контактний резервуар; 8 – випуск; 9 – осади, затримані ґратами; 10 – дробарки; 11 – хлораторна установка; 12 – осад з первинних відстійників; 13 – біоплівка з вторинних відстійників; 14 – пісок; 15 – бункер піску; 16 – мулові майданчики.

3 Експериментальна частина

Завислі речовини є показник, що описує кількість включень, які утримуються на паперовому фільтрі при фільтрації зразка. Це ключовий технологічний показник якості води, який дозволяє оцінити обсяг осалу що формуються під час очищення стічної води.

Також цей показник використовується як параметр при розробці проєктів для первинних відстійників. Величина завислих речовин є гололвним нормативом при визначенні необхідного ступеня очищення стічної води. Затрати внаслідок випалювання завислих часток розраховуються так само, як і для сухих та щільних залишків, але зачасту зображається не у мг/л, а у відсотковому відношенні мінеральної частки завислих речовин відносно їх загальної кількості за сухою масою. Цей параметр відомий як зольність. Типова концентрація завислих речовин у міській стічній воді зачасту складає від 100 до 500 мг/л.

Осідаючі речовини являють собою частину завислих речовин, які осідають на дно відстійника протягом 2 годин в умовах спокою. Цей показник відображає здатність завислих частинок до осідання, дає можливість оцінити найбільший ефект відстоювання та максимальний обсяг осаду, який може бути досягнутий в умовах спокою. У стічних водах міст осідаючі речовини в середньому становлять 50–75% від загальної концентрації завислих речовин.

Концентрація завислих речовин розраховується як маса висушених до постійної величини при температурі 105°C речовин, що залишаються на знезоленому паперовому фільтрі після фільтрування стічних вод, віднесена до об'єму 1 дм³.

Джерелами надходження до природних вод завислих речовин можуть бути ходи ерозії ґрунтів і гірських порід, донні відкладення, продукти метаболізму й розкладання гідробіонтів, хімічні реакції та речовини антропогенного походження.

Завислі речовини, присутні у водоймах, впливають на проникнення сонячного світла у водному середовищі, погіршують умови існування гідробіонтів і спричиняють замулювання водних басейнів що може призвести до їхнього екологічного старіння – евтрофікації.

Завислі речовини визначають типове забруднення стічних вод. Типова концентрація завислих речовин у міських стічних водах зазвичай коливається від 100 до 300 мг/дм³. Ці речовини являють собою нерозчинні грубодисперсні домішки органічного і мінерального походження з густиною, відмінною від густини води, і перебувають у стані завислого і плаваючого вигляду.

Завислі речовини вказують на характерне забруднення стічних вод. Концентрація цих завислих частинок у стічних водах міських регіонів зазвичай в межах від 100 до 300 мг/дм³. Ці частинки являють собою нерозчинні грубодисперсні домішки органічного і мінерального походження з густиною, відмінною від густини води, і перебувають у стані завислого і плаваючого вигляду.

Для вилучення із води завислих речовин застосовують найчастіше відстійники, функціонування яких базується на використанні явища осадження (седиментації) частинок, що утворюють вільні або стиснуті осади під впливом сили тяжіння. Осадження частинок може бути вільним чи стисненим. Теоретично вільне осадження можливе лише тоді, коли частинка незмінної форми і розміру осідає в необмеженому об'ємі рідини. Швидкість вільного осідання сферичної частинки в умовах ламінарної течії рідини ($Re \leq 2$) визначається законом Стокса, який враховує густину і діаметр частинки, в'язкість, щільність середовища, прискорення сили тяжіння. сила тощо.

При освітленні муніципальних стічних вод відбувається стиснене осадження, при якому одночасно осідає вся маса зважених частинок, причому швидкість осадження частинок нижча, ніж індивідуальна швидкість осадження тих самих частинок. Завислі речовини в стічних водах складаються з частинок різноманітного

розміру, які значно відрізняються за гідравлічним розміром. Такі завислі речовини називають полідисперсними. Завдяки своїм адгезійним властивостям вони агломерують під час взаємних зіткнень в умовах стисненого осадження, що призводить до зміни їх форми, розміру, густини і, як наслідок, швидкості осадження. Це явище називається гравітаційною або ортокінетичною коагуляцією. Полідисперсність завислих речовин, а також зміна їх властивостей по висоті шару рідини, що осідає, ускладнюють теоретичне визначення закономірностей освітлення. Тому експериментально визначають кількісний вплив факторів на кінетику гравітаційної седиментації при освітленні стічних вод у стані спокою.

Для запобігання надмірному зростанню активного мулу в аеротенках або біоплівки в біофільтрах концентрація завислих речовин у стічній воді перед цими спорудами не повинна перевищувати 150 мг/дм^3 . Найпростішим, найменш енергоємним і економічно ефективним методом, який широко використовується в техніці очищення стічних вод для видалення зважених речовин із стічної води, є гравітаційне осадження, під час якого зважені частинки осідають на дно споруди або спливають на його поверхню. Осадження проводять у відстійниках, які відрізняються за призначенням, режимом роботи, напрямком потоку рідини та формою [19].

При скиданні очищених стічних вод у поверхневі водойми вміст завислих речовин не повинен збільшуватися більш ніж:

- $0,25 \text{ мг/дм}^3$ у водних об'єктах, що використовуються для питного водопостачання;
- $0,75 \text{ мг/дм}^3$ для водойм, що використовуються для господарсько-побутового водокористування.

Для визначення кількості завислих речовин використовують фільтрування води через паперові фільтри.

Устаткування, реактиви, матеріали:

- циліндри мірні місткістю 500 см^3 ;

- колби мірні місткістю 0,1; 0,25 та 0,5 дм³;
- лійки хімічні;
- паперовий фільтр (біла стрічка), який використовують для кількісного визначення . Фільтр сушують протягом 1 години при 105°С до постійної маси і зважують.

- бюкси;
- ексикатор;
- сушильна шафа (105°С);
- терези.

Процес розрахунку

Об'єм води, яку необхідно взяти для визначення, залежить від розрахункової кількості завислих речовин і може бути знайдений згідно даних в таблиці 6.

Таблиця 6 - Необхідний об'єм проби води для визначення завислих речовин

Приблизний вміст завислих речовин, мг/дм ³	< 10	10-50	50-100	100-500	> 500
Об'єм проби, дм ³	1,5-2	1,0	0,5	0,25	0,1

Паперові обеззолені фільтри "Біла стрічка" кладуть у бюкси з відкритими кришками у сушильну шафу, де їх нагрівають до 105 °С, сушать протягом 2 годин ,потім закривають кришками, охолоджують у ексикаторі і зважують на аналітичних вагах [19].

Для розрахунку завислих речовин за допомогою циліндра вимірюють об'єм ретельно перемішаної проби. Після переміщення проби на попередньо підготовлений фільтр, осад на фільтрі промивають дистильованою водою (об'ємом 70-80 мл). Фільтр із осадом сушать на повітрі, потім поміщають у бюкс і сушать у відкритому вигляді при 105 °С протягом 2 годин, бюкс закривають, охолоджують у ексикаторі і зважують. Розрахунки записують у грамах із точністю четвертого знаку після коми. Процес

висушування, охолодження та зважування повторюють поки не буде досягнута постійна маса.

Оброблення розрахунків вимірювань

Величину завислих речовин в мг/дм³ розраховують за формулою:

$$x = \frac{(m_3 - m_1 - m_2) \cdot 1000}{V},$$

де m_1 – маса висушеного паперового фільтра, мг; m_2 – маса бюкса, мг; m_3 – маса бюкса з фільтром і речовинами, які висушили, мг; V – об'єм проби, який взяли для розрахунку, см³.

Розрахунки заокруглюють з точністю до 1 мг/дм³, коли ж знайдений результат більше 1000 мг/дм³, то до 10 мг/дм³.

Обсяг стічної води у кількості 500 см³ вводять у циліндр об'ємом 500 см³ та активно перемішують вміст тричі круговими рухами. Далі циліндр розміщують на горизонтальній поверхні столу, запускають секундомір і через кожні 3 хвилини фіксують об'єм в см³, який займає осілий осад. Після 30 хв відстоювання реєструють остаточне значення об'єму (u см³). Отримані дані округлюють до цілих чисел. На основі отриманих відомостей слід побудувати графік, що відображає динаміку осідання завислих речовин у стічній воді - $V = f(t)$.

Завислі речовини вказують на кількість включень, які залишаються на паперовому фільтрі під час фільтрування проби. Це ключовий технологічний показник якості води, який дозволяє визначити кількість утвореного осаду під час очищення стічної води. Крім того, цей показник є важливим для розрахунку ефективності первинних відстійників. Кількість завислих речовин є ключовим показником при розрахунках ефективності очищення стічної води.

Затрати завислих речовин при прожарюванні розраховуються так само, як і для сухих або щільних залишків, проте зображуються зазвичай у відсотковому співвідношенні мінеральної частинки до загальної кількості за сухою речовиною. Цей

параметр відомий як зольність. Концентрація завислих речовин у міській стічній воді знаходиться у межах від 100 до 500 мг/л.

Звертаючи увагу на особливості роботи каналізаційно-очисних станцій і їхню потребу у оперативних способах контролю процесу та продукції, а також той факт, що визначення прозорості води може бути проведено оперативно, робимо висновок, що вивчення залежностей між прозорістю води та концентрацією завислих речовин, хімічним споживанням кисню являється перспективним напрямком для розроблення оперативних способів контролю.

3.1 Видалення завислих речовин з води активованим вугіллям БАУ-А в статичних умовах

Адсорбція з використанням активованого вугілля БАУ-А - це зміна концентрації будь-якого елемента гетерогенної системи на границі розподілу фаз. Активоване вугілля БАУ-А, яке контактує з водним розчином, має здатність адсорбувати певну величину розчинених елементів завислих речовин, та збільшувати його на своїй поверхні.

Структурно-сорбційні характеристики активованого вугілля БАУ-А наведено в таблиці 7.

Таблиця 7 - Структурно-сорбційні характеристики активованого вугілля БАУ-А

Загальний адсорбційний об'єм	$V_a, \text{см}^3/\text{Г}$	0,39
Площа поверхні сорбенту	$S_{\text{БЕТ}}, \text{м}^2/\text{Г}$	1050
Обсяг істинних мікропор	$V_{\text{МН}}, \text{см}^3/\text{Г}$	0,18
Об'єм супермікро- і мезопор	$V_{\text{МЕ}}, \text{см}^3/\text{Г}$	0,21
Площа поверхні супермікро- і мезопор	$S_{\text{МЕ}}, \text{м}^2/\text{Г}$	580
Ступінь мезопористості сорбента	$V_{\text{МЕ}}/V_a$	054

Адсорбент - це активоване вугілля БАУ-А, на поверхні якого проходить адсорбція. Сполука, що адсорбується називається адсорбатом. Активованому вугіллю БАУ-А притаманна поверхнева енергія, поглинаються завислі речовини, які пройшли взаємодію з засипкою БАУ-А, із розчину, який його оточує, внаслідок чого стає меншою кількість вихідної поверхневої енергії активованого вугілля БАУ-А, а саме цей хід проходить самовизначено.

Технічні характеристики активованого вугілля БАУ-А наведено у таблиці 8.

Таблиця 8 - Технічні характеристики активованого вугілля БАУ-А

Найменування показника	БАУ-А
Адсорбційна активність за йодом, %, не менш ніж	55
Сумарний об'єм по воді, см ³ /г, не менш ніж	1,6
Насипна щільність, г/дм ³ , не більш ніж	240
Фракційний склад:	2,5
>3,6 мм, %, не більш ніж	
3,6 – 1,0 мм, % не менш ніж	95,5
<1,0 мм, % не більш ніж	2,0
Масова частка золи, % не більш ніж	6,0
Масова частка вологи, % не більш ніж	10,0

Характерна ізотерма адсорбції, що зображує залежність величину адсорбату, що вступила у взаємодію з засипкою БАУ-А, поглинутого одним граммом активованого вугілля БАУ-А ($a = x/m$) від рівноважної концентрації адсорбату ЗВ (завислих речовин), (C_p) наведено на рисунку 13.

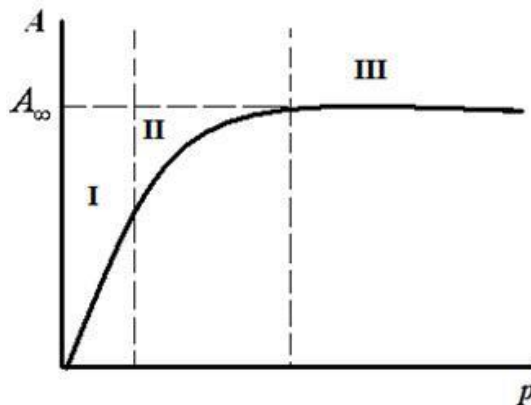


Рисунок 13 - Типова ізотерма адсорбції, яка висловлює залежність кількості адсорбату Fe^{2+} , поглинутого одним грамом активованого вугілля БАУ-А ($a = x/m$) від рівноважної концентрації адсорбату адсорбату ЗВ (завислих речовин), (C_p).

При наявності невеликої рівноважної концентрації ЗВ (завислих речовин) адсорбція збільшується пропорційно концентрації, яка відображається в прямолінійному проході ізотерми на ділянці I, при дальшому підвищенні концентрації адсорбтива ЗВ (завислих речовин), адсорбція зростає, але в меншій ступені. Горизонтальна ділянка III показує, що, недивлячись на наступне зростання концентрації, зростання адсорбції зупиняється у зв'язку з насичення адсорбенту молекулами сполуки, яка адсорбується. Отже, настає межове значення питомої адсорбції, (скорочено називають граничною адсорбцією і позначають a_∞).

Зазвичай застосовується емпіричне рівняння ізотерми сорбції Фрейндліха:

$$\frac{x}{m} : a = k \cdot C_p^{1/n}$$

де: a – величина адсорбції, моль/г; x – маса адсорбованої речовини, мілімоль; m – маса адсорбенту, г; C_p – рівноважна концентрація адсорбенту, моль/м³; k і $1/n$ – емпіричні константи.

Стала дорівнює величині адсорбату ЗВ (завислих речовин), яка поглинається 1 г адсорбенту - це активоване вугілля БАУ-А, за рівноважної концентрації, що відповідає одиниці. Рівняння Фрейндліха графічно подано кривою та використовується при середньому значенні рівноважної концентрації конкретного проміжку III.

Нами проведено ряд досліджень з визначення адсорбційних характеристик активованого вугілля БАУ-А за допомогою адсорбції барвника метиленового синього, зроблена оцінка питомої площини поверхні.

Використовуючи одержані результати адсорбції була зображена ізотерма адсорбції.

Дослідження сорбції барвника метиленового синього активованим БАУ-А при постійній температурі наведено в таблиці 9.

Таблиця 9 - Дослідження сорбції метиленового синього (МС) активованим вугіллям БАУ-А при постійній температурі

№	a_2 , г МС	A(г МС / г абс.сух. АВ)
1	2	3
1	2	3
1	0	0
2	20	20
3	40	40
4	60	60
5	80	78
6	100	120
7	120	140
8	140	145
9	160	150
10	180	155
11	200	160
12	220	165
13	240	170
14	260	175
15	280	183
16	300	190
17	320	191
18	340	192
19	360	193
20	380	194
21	400	195
22	500	196
23	600	197
24	700	197
25	800	197

Ізотерма сорбції барвника метиленового синього активованим вугіллям БАУ-А при постійній температурі наведено на рисунку 14.

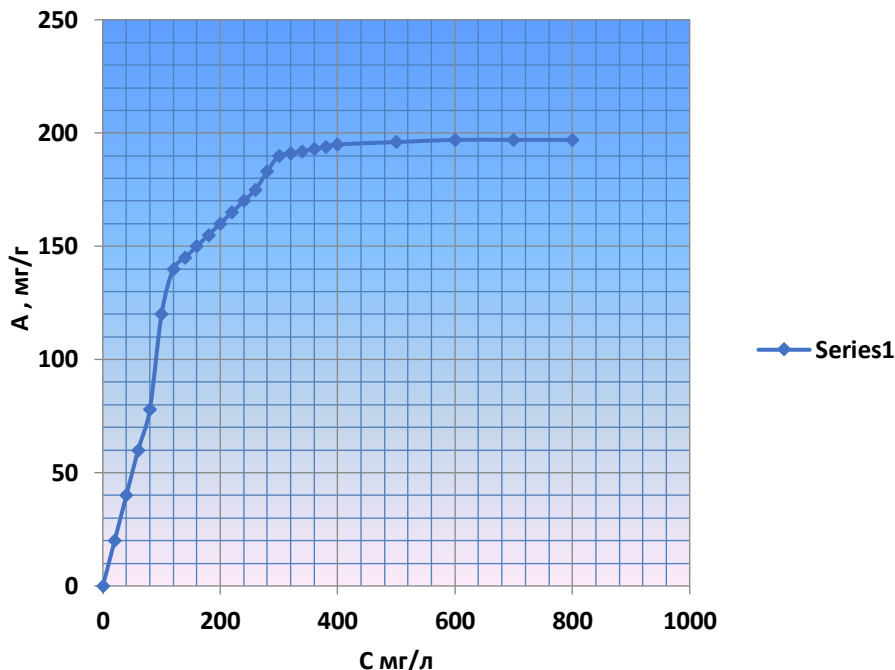


Рисунок 14 - Ізотерма сорбції метиленового синього (МС) активованим вугіллям БАУ-А при постійній температурі

3.2 Вивчення кінетики адсорбції активованого вугілля БАУ-А в динамічних умовах

Для видалення із стічної води ЗВ (завислих речоаин) використовуємо активоване вугілля БАУ-А.

Метод очищування стічної води від ЗВ (завислих речоаин) активованим вугіллям БАУ-А лежить у тім, що дана речовина дуже гарно може поглинатися великою площиною даного вугілля, яке модифіковане засипкою БАУ-А.

При очищуванні стічної води активованим вугіллям БАУ-А в динамічних умовах, БАУ-А застосовують для завантажування фільтрів. Потрібно вірно вибрати умови для проведення цього процесу, адсорбційна ємність активованого вугілля БАУ-А в динамічних умовах приближається до адсорбційної ємності його в статичних умовах. У ході фільтрації однокомпонентної системи крізь пласт активованого вугілля

БАУ-А площа адсорбції переходить до остаточного насичення усього адсорбенту та просоку адсорбованої речовини за границю пласту адсорбенту. Захисна спроможність пласту активованого вугілля БАУ-А, що може характеризувати його активність у відношенні до речовини, яка виділяється, розраховується динамічною активністю пласту даного адсорбенту. Природа та концентрація сировини, яка адсорбується, швидкість фільтрації впливають на динамічну активність пласту БАУ-А.

Залежність тривалості захисної дії завантаження іонообмінного фільтру від висоти фільтру графічно представлено кривою ОАВ (процес утворення поля адсорбції характеризується кривою АО) на рисунку 15.

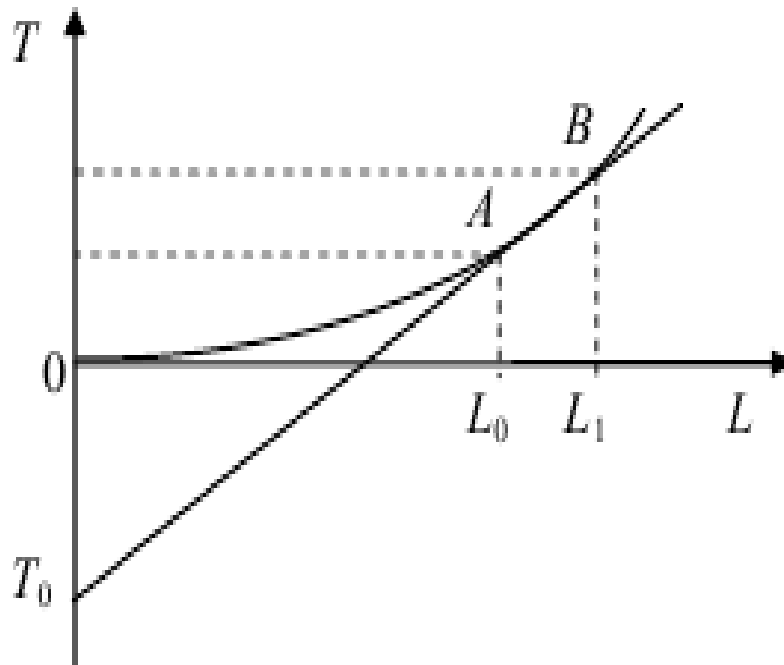


Рисунок 15 – Залежність тривалості захисної дії завантаження фільтру при адсорбції в динамічних умовах

Схему установки для дослідження адсорбції в шарі активованого вугілля БАУ-А наведено на рисунку 16.

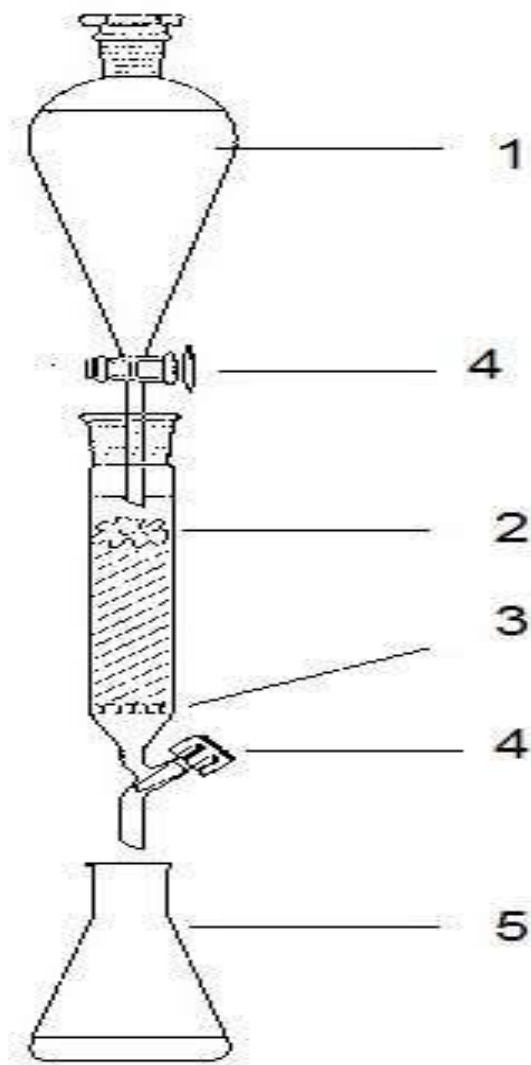


Рисунок 16 - Схема експериментальної установки для дослідження адсорбції активованим вугіллям БАУ-А: 1- ділильна воронка з елюентом; 2 – адсорбент (активоване вугілля БАУ-А); 3 – неорганічна вата; 4 – кран; 5 – приймач для збору фракцій пропущеної проби модельного розчину

Адсорбція ЗВ (завислих речоаин) активованим вугіллям БАУ-А з модельного розчину при початковій концентрації ЗВ (завислих речоаин) = 3 мг/мл ($V_i = 10 \text{ см}^3$) наведено в таблиці 10.

Таблиця 10 – Результати дослідження сорбції ЗР активованим вугіллям БАУ-А з розчину в дистильованій воді при початковій концентрації ЗР = 3 мг/дм³ ($V_i = 10 \text{ см}^3$)

№	$V_{пр}, \text{ см}^3$	ЗР, мг/дм ³
1	2	3
1	0	0,00
2	210	0
3	390	0
4	590	0
5	810	0
6	1100	0
7	1250	0
8	1350	0
9	1610	0
10	1790	0
11	1970	0
12	2100	0
13	2300	0
14	2500	0
15	2710	0
16	3050	0
17	3250	0
18	3350	0
19	3610	0
20	3790	0
21	4100	0
22	4300	0
23	4450	0,11
24	4700	0,21
25	4900	0,39
26	5100	0,79
27	5300	1,21
28	5450	1,42
29	5670	1,71
30	5790	1,81
31	6050	1,90
32	6230	2,00
33	6390	2,10
34	6700	2,20

Кінець таблиці 10

1	2	3
35	6790	2,51
36	7150	2,72
37	7220	2,90
38	7500	3,00

Результати дослідження сорбції ЗР активованим вугіллям БАУ-А з розчину в дистильованій воді при початковій концентрації ЗР = 3 мг/дм³ ($V_i = 10 \text{ см}^3$) наведено на рисунку 17.



Рисунок 17 - Результати дослідження сорбції ЗР активованим вугіллям БАУ-А з розчину в дистильованій воді при початковій концентрації ЗР = 3 мг/дм³ ($V_i = 10 \text{ см}^3$).

Результати дослідження сорбції ЗР активованим вугіллям БАУ-А з розчину в дистильованій воді при початковій концентрації ЗР = 30 мг/дм³, ($V_i = 10 \text{ см}^3$) наведено в таблиці 11.

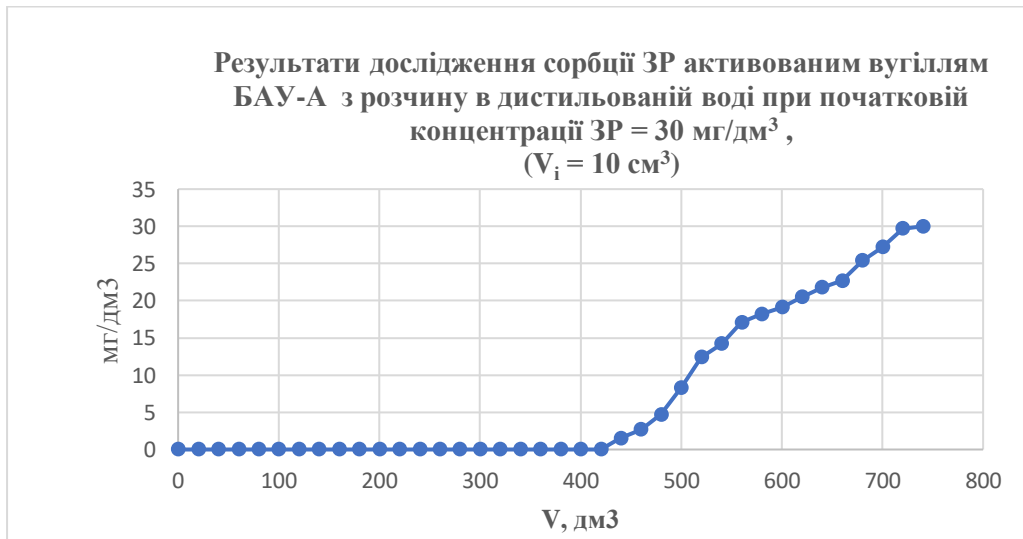
Таблиця 11 – Результати дослідження сорбції ЗР активованим вугіллям БАУ-А з розчину в дистильованій воді при початковій концентрації ЗР = 30 мг/дм³ ($V_i = 10 \text{ см}^3$)

№	$V_{пр}, \text{ см}^3$	ЗР, мг/дм ³
1	2	3
1	0	0
2	20	0
3	40	0
4	60	0
5	80	0
6	100	0
7	120	0
8	140	0
9	160	0
10	180	0
11	200	0
12	220	0
13	240	0
14	260	0
15	280	0
16	300	0
17	320	0
18	340	0
19	360	0
20	380	0
21	400	0
22	420	0
23	440	1,5
24	460	2,7

Кінець таблиці 11

1	2	3
25	480	4,7
26	500	8,3
27	520	12,4
28	540	14,2
29	560	17,1
30	580	18,2
31	600	19,1
32	620	20,5
33	640	21,8
34	660	22,7
35	680	25,4
36	700	27,2
37	720	29,7
38	740	30,0

Результати дослідження сорбції ЗР активованим вугіллям БАУ-А з розчину в дистильованій воді при початковій концентрації ЗР = 30 мг/дм³ ($V_i = 10$ см³) наведено на рисунку 18.



Рисунку 18 - Результати дослідження сорбції ЗР активованим вугіллям БАУ-А з розчину в дистильованій воді при початковій концентрації ЗР = 30 мг/дм³ ($V_i = 10$ см³).

Дослідження сорбції ЗР активованим вугіллям БАУ-А з розчину в дистильованій воді при початковій концентрації 1) $ZP = 3 \text{ мг/дм}^3$ ($V_i = 10 \text{ см}^3$), та при початковій концентрації 2) $ZP = 30 \text{ мг/дм}^3$ ($V_i = 10 \text{ см}^3$) наведено в таблиці 12.

Таблиця 12 - Дослідження сорбції ЗР активованим вугіллям БАУ-А з розчину в дист. воді при початковій концентрації 1) $ZP = 3 \text{ мг/дм}^3$ ($V_i = 10 \text{ см}^3$), та при початковій концентрації 2) $ZP = 30 \text{ мг/дм}^3$ ($V_i = 10 \text{ см}^3$)

№	$V_{пр}, \text{ см}^3$	ЗР, 3 мг/дм ³	ЗР, 30 мг/дм ³
1	2	3	5
1	0	0,00	0
2	210	0	0
3	390	0	1
4	590	0	19
5	810	0	27
6	1100	0	30
7	1250	0	30
8	1350	0	30
9	1610	0	30
10	1790	0	30
11	1970	0	30
12	2100	0	30
13	2300	0	30
14	2500	0	30
15	2710	0	30
16	3050	0	30
17	3250	0	30
18	3350	0	30
19	3610	0	30
20	3750	0	30
21	4100	0	30
22	4300	0	30
23	4450	0,1	30
24	4700	0,2	30
25	4900	0,4	30
26	5100	0,8	30
27	5300	1,2	30
28	5450	1,4	30

Кінець таблиці 12

1	2	3	4
29	5670	1,7	30
30	5790	1,8	30
31	6050	1,9	30
32	6230	2	30
33	6390	2,1	30
34	6700	2,2	30
35	6790	2,5	30
36	7150	2,7	30
37	7220	2,9	30
38	7500	3,0	30

Діаграма результатів сорбції ЗР активованим вугіллям БАУ-А з розчину в дист. воді при початковій концентрації 1) ЗР = 3 мг/дм³ ($V_i = 10 \text{ см}^3$), та при початковій концентрації 2) ЗР = 30 мг/дм³ ($V_i = 10 \text{ см}^3$) наведено на рисунку 19.

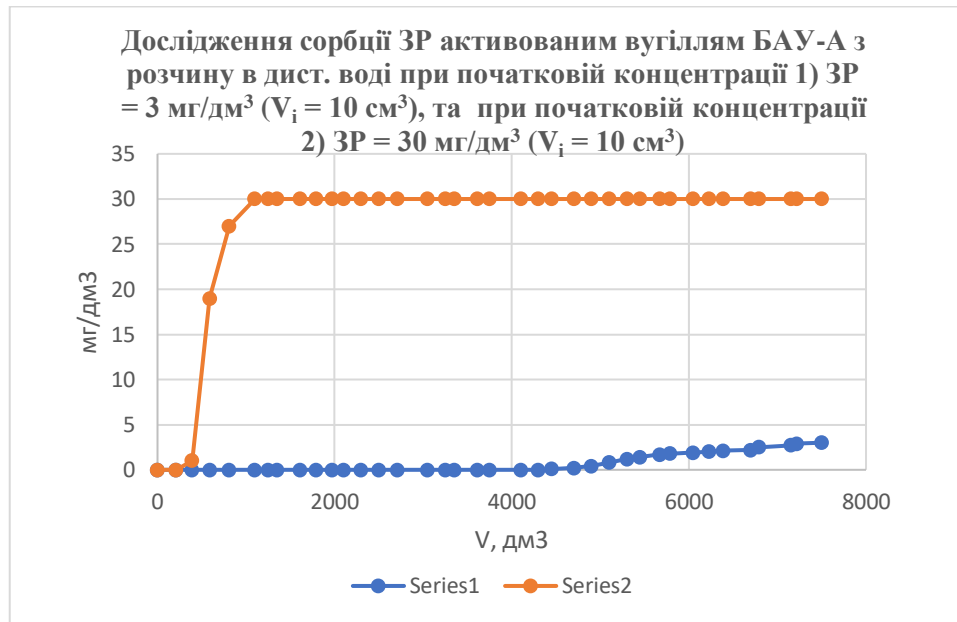


Рисунок 19 - Дослідження сорбції ЗР активованим вугіллям БАУ-А з розчину в дист. воді при початковій концентрації 1) ЗР = 3 мг/дм³ ($V_i = 10 \text{ см}^3$), та при початковій концентрації 2) ЗР = 30 мг/дм³ ($V_i = 10 \text{ см}^3$).

Висновки

1. Огляд джерел науково-технічної інформації показав, що на сьогодні є перспективним фізико-хімічні методи очищення води активованим вугіллям.
2. У роботі наведено методи за допомогою яких проводились вивчення процесів доочищення побутових стічних вод, що містять завислі речовини.
3. Дослідження проводили на активованому вугіллі БАУ-А.
4. Показано, що використання активованого вугілля БАУ-А доцільне для доочищення побутових стічних вод перед стадією знезараження.
5. Проводили дослідження активованого вугілля БАУ-А в статичних та динамічних умовах.
6. Будували ізотерму (статичний метод дослідження) адсорбції завислих речовин (C_p).
7. Вивчали сорбційну здатність активованого вугілля БАУ-А в динамічних умовах.
8. Для визначення кількості завислих речовин використовують фільтрування води через паперові фільтри.
9. Будували калібрувальний графік по вмісту завислих речовин у модельному розчині.
10. Дослідження показали велику адсорбційну здатність БАУ-А по відношенню до завислих речовин, що вказує на те, що для видалення надлишку завислих речовин для фінішної очистки споживчої води необхідно використовувати активоване вугілля БАУ-А.
11. Встановлено, що сорбція завислих речовин активованим вугіллям БАУ-А доцільна після попереднього очищення традиційними методами, так як ці методи не дають бажаного результату.

Перелік джерел посилань

1. Даус М. Є., Отченаш Н. Д. Гідроекологічні основи водного господарства, раціональне використання та охорона водних ресурсів: конспект лекцій, 2018. – 193с.
2. Екологічні основи управління водними ресурсами : навч. посіб. / А.І. Томільцева, А.В. Яцик, В.Б. Мокін та ін. – К. : Інститут екологічного управління та збалансованого природокористування, 2017. – 200 с. (Бібліотека екологічних знань).
3. Екологічне нормування: підручник / В. В. Тарасова, Є. М. Данкевич, І. М. Ковалевська, В. Є. Данкевич / Заг. ред. В. В. Тарасової. – Житомир: Видавець: О. О. Євенок, 2017. – 344 с.
4. Матвійчук О.В. Методичні засади оцінювання підземних вод. Електронний ресурс. [Електронний ресурс] /
Режим доступу: <https://core.ac.uk/download/pdf/154749173.pdf>
5. Петрук В. Г. Природоохоронні технології. Навчальний посібник. Ч.2 : Методи очищення стічних вод / Петрук В. Г., Северин Л. І., Васильківський І. В., Безвозюк І. І. – Вінниця : ВНТУ, 2014. – 258 с.
6. Айрапетян Т. С. Конспект лекцій з дисциплін «Очистка побутових стічних вод» та «Споруди та обладнання водовідведення» (Модуль 2. Очищення стічних вод) (для студентів 4 курсу денної і 5 курсу заочної форм навчання напрямів підготовки 6.060101 «Будівництво» (спеціальність «Водопостачання та водовідведення») та 6.060103 «Гідротехніка (Водні ресурси)»)/Т. С. Айрапетян; Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Х.:ХНУМГ, 2014. – 121 с.
7. О.В. Степова, д.т.н., професор, Г.Г. Трохименко, д.т.н., професор Навчально-методичний посібник "Технології захисту водного середовища" для спеціальностей 101"Екологія", 183 «Технології захисту навколишнього середовища» всіх форм навчання / Полтава: НУ «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», Миколаїв: Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова. 2022. – 306 с.

8. ДБН В.2.5-75:2013. Каналізація зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування.

9. Про затвердження Правил приймання стічних вод до систем централізованого водовідведення та Порядку визначення розміру плати, що справляється за понаднормативні скиди стічних вод до систем централізованого водовідведення (Із змінами, внесеними згідно з Наказом Міністерства розвитку громад та територій № 286 від 09.11.2021)

10. Водопостачання та водовідведення: Курс лекцій. Для студентів денної форми навчання. Спеціальність 101 «Екологія» Освітньо-кваліфікаційний ступінь «магістр». / Укладач: О.В. Рибалова. – Х: НУЦЗУ, 2017. - 195с.

11. Ціпук В.Я., Саблій Л.А. Аналіз попереднього фізико-хімічного очищення промислових стічних вод. / В.Я. Ціпук, Л.А. Саблій. - Матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції «Чиста вода. Фундаментальні, прикладні та промислові аспекти» (14-15 листопада 2019 р., м. Київ, Україна), 2019. – С. 210-211

12 Іванько О. М. Сучасні методи знезараження стічних вод (огляд літератури) / О. М. Іванько, Л. І. Бідненко // Проблеми військової охорони здоров'я. - 2012. - Вип. 33. - С. 137-150. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/prvozd_2012_33_20.

13. Основні засади управління якістю водних ресурсів та їхня охорона : навч. посібник / В. К. Хільчевський, М. Р. Забокрицька, Р. Л. Кравчинський, О. В. Чунарьов / за ред. В. К.– К. : ВПЦ "Київський університет", 2015. – 172 с. Хільчевського

14. І. П. Недашковський Інноваційна технологія очистки господарсько-побутових стічних вод на фільтрах з волокнисто-пінопластовим завантаженням / Міське будівництво та архітектура. Науково-технічний збірник “Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві” Том 17 № 2 (2014), с.130-138[Електронний ресурс].

Режим доступу: <https://stmkvb.vntu.edu.ua/index.php/stmkvb/article/view/371/369>

15. Чабан В.О. Сучасні методи очищення суднових стічних та лляльних вод різного походження для зрошування сільськогосподарських культур: монографія / В. О. Чабан – Херсон : ХДМА, 2020. – 132 с.

16. Регіональна цільова програма розвитку водного господарства та екологічного оздоровлення басейну річки Дніпро в Полтавській області на період до 2021 року. – Полтава, 2013. – 162с.

17. Чуб І. М. Водопідготовка в системах теплогазопостачання і вентиляції: конспект лекцій для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія усіх форм навчання / І. М. Чуб, В. О. Ткачов ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2022. – 115 с.

18. Блінова Н. К., Кравченко О.В. Сучасні проблеми біологічної очистки стічних вод та шляхи їх вирішення. Вісник Східноукраїнського Національного університету імені Володимира Даля № 3 (244) 2018. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://deps.snu.edu.ua/media/filer_public/4c/9c/4c9cfcc2-6114-45a9-bc64-503efe565f4f/2_2.pdf

19. Біотехнології очищення води. Лабораторний практикум. Навчальний посібник. Укладачі: Л. А. Саблій, В. С. Жукова, М. Ю. Козар Київ, КПІ ім. Ігоря Сікорського 2022, 53 с. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/47915/1/Biotekhnolohii_ochyshchennia_vody.pdf

20. Анаеробні біологічні методи очистки моностічних вод: Markus Engelhart, Enviro-Chemie GmbH. [Електронний ресурс]. Режим доступу: [http://www. Enviro-chemie.ru/public/anaerob.htm](http://www.Enviro-chemie.ru/public/anaerob.htm)

21. Мосейчук Я.Б., Хоружий П.Д. Очистка воды в замкнутых системах водоснабжения на предприятиях агропромышленного комплекса // Хімія і технологія води. 2019. №4 (270). С. 456–465.

22. Інноваційні технології очистки питних і стічних вод / О. М. Іванько, О. Г. Смірнов // Проблеми військової охорони здоров'я. - 2012. - Вип. 33. - С. 132-136. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/prvoz_d_2012_33_19

23. Моделювання процесів мембранного розділення: навчальний посібник [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 133 «Галузеве машинобудування», спеціалізації «Інжиніринг, комп'ютерне моделювання та проектування обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: С.В. Гулієнко. – Електронні текстові данні (1 файл: 3,17 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 166 с.

24. Корнієнко Я.М. Оцінка ефективності регенерації відпрацьованих рулонованих мембранних модулів / Я.М. Корнієнко, С.В. Гулієнко, М.О. Лялька // Наукові парці ОНАХТ. – 2015. - Випуск 47. - Т.1 – с.19-21.

25. Шестопалов О. В. Сучасні методи очищення стічних вод харчової промисловості / Шестопалов О. В., Гетта О. С., Рикусова Н. І. // Екологічні науки. – 2019. – № 2. – С. 20-27. 26. Ковальчук В.А. Очистка стічних вод.- Рівне: ВАТ “Рівненська друкарня”, -2019. -622 с.: іл.

27. Кульський Л.А., Строкач П.П. Технология очистки природных вод. / Л.А. Кульський, П.П. Строкач // Вища школа. Киев, 2014 - 352 с

28. Айрапетян Т. С. Конспект лекцій з дисципліни «Зворотні і безстічні системи водопостачання промислових підприємств» (для студентів освітнього рівня «магістр», спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія, спеціалізація (освітня програма) «Раціональне використання і охорона водних ресурсів») / О. М. Касімов, Т. С. Айрапетян ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 150 с

29. Конспект лекцій з дисципліни "Спецкурс за тематикою магістерської роботи" (для студентів 5 курсу денної форми навчання спеціальності 8.092601 – «Водопостачання і водовідведення») / Авт: К.Б.Сорокіна. – Харків: ХНАМГ, 2008. – 143 с.