

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
імені Володимира Даля

Факультет \_\_\_\_\_ інженерії \_\_\_\_\_  
(повне найменування факультету)

Кафедра \_\_\_\_\_ хімічної інженерії та екології \_\_\_\_\_  
(повна назва кафедри)

## ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної магістерської роботи

освітнього ступеня \_\_\_\_\_ магістр \_\_\_\_\_  
(бакалавр, магістр)

спеціальності \_\_\_\_\_ 101 – Екологія \_\_\_\_\_  
(шифр і назва спеціальності)

на тему: Оптимізація процесу біологічної очистки стічних вод в умовах  
сезонних змін температурного режиму

Виконав: здобувач вищої освіти групи \_\_\_\_\_ ПЕО-19дм \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Васільєв М.С. \_\_\_\_\_  
(прізвище, та ініціали) (підпис)

Керівник \_\_\_\_\_ Блінова Н.К. \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали) (підпис)

Завідувач кафедрою \_\_\_\_\_ Суворін О.В. \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали) (підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_ Мохонько В.І. \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали) (підпис)

Севєродонецьк - 2021 р.

**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
імені Володимира Даля**

Факультет \_\_\_\_\_ інженерії \_\_\_\_\_  
Кафедра \_\_\_\_\_ хімічної інженерії та екології \_\_\_\_\_  
Освітній ступінь \_\_\_\_\_ магістр \_\_\_\_\_  
(бакалавр, магістр)  
Спеціальність \_\_\_\_\_ 101 – Екологія \_\_\_\_\_  
(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ:**

Зав. кафедрою ХІЕ

О.В. Суворін

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2020 р.

**ЗАВДАННЯ**

**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Васільєву Максиму Сергійовичу

**1. Тема роботи:**

Оптимізація процесу біологічної очистки стічних вод в умовах сезонних змін температурного режиму

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Блінова Наталія Костянтинівна, к.б.н., доц. \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від 19.11.2020 р. № 163/15.25

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

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

**4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):**

Вступ. 1. Фізико-географічна і кліматична характеристика розташування ПрАТ «СЄВЕРОДОНЕЦЬКЕ ОБ'ЄДНАННЯ АЗОТ». 2 Антропогенний вплив на гідросферу .3. Аналітичний огляд. 4. Опис технологічної схеми. 5. Оптимізація процесу біологічної очистки стічних вод в умовах сезонних змін температурного режиму 6. Розрахунок основних технологічних параметрів. 7. Розрахунок відверненого еколого-економічного збитку.. 8. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях. Анотація. Література.

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

1. Крива залежності ступеня вилучення NO- NO<sub>3</sub> від температури(1 лист).
2. Графік залежності температури на швидкість біологічної очистки (1 лист).
3. Аеротенк (1 лист).
4. Технологічна схема (1 лист).
5. Карта-схема (1 лист).
6. Таблиця технологічних параметрів в зимовий та літній період (1 лист).

**6. Дата видачі завдання – 20 листопада 2020 року.**

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

Пор №	Назва етапів кваліфікаційної магістерської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	23.11.2020	
2	Фізико-географічна і кліматична характеристика розташування ПрАТ «СЄВЄРОДОНЕЦЬКЕ ОБ'ЄДНАННЯ АЗОТ»	25.11.2020	
3	Антропогенний вплив на гідросферу	27.11.2020	
4	Аналітичний огляд	30.11.2020	
5	Опис технологічної схеми	02.12.2020	
6	Оптимізація процесу біологічної очистки стічних вод в умовах сезонних змін температурного режиму	05.12.2020	
7	Еколого-економічні розрахунки	20.12.2020	
8	Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.	10.01.2021	
9	Висновки	14.01.2021	

Здобувач вищої освіти

\_\_\_\_\_ Васільєв М.С.  
( підпис ) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ Блінова Н.К.  
( підпис ) (прізвище та ініціали)

Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кількість	Примітка		
Справ. №					Текстові документи				
	A4		1	<i>PM.05.01.ПЗ</i>	Пояснювальна записка магістерської роботи				
					Графічні документи				
	A4		2	<i>PM.05.02.Гр</i>	Графік залежності ступеня вилучення NO-NO <sub>3</sub> від температури	1			
	A4		3	<i>PM.05.03.Гр</i>	Графіки впливу температури на навколишнє середовище	1			
	A4		4	<i>PM.05.04. ВЗ</i>	Аеротенк	1			
	A4		5	<i>PM.05.05. СХ</i>	Технологічна схема очистки стічних вод	1			
	A4		6	<i>PM.05.06.КС</i>	Карта-схема очистки стічних вод	1			
	A4		7	<i>PM.05.07.ТБ</i>	Таблиця технологічних параметрів	1			
	Подл. и дата								
Взам. инв. №									
Инв. № подл.						<i>PM.05.01.ПЗ</i>			
	<i>Зм.</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>				
	<i>Розробив</i>	<i>Васильев М..</i>				<i>Відомість</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк</i>	<i>Аркушів</i>
	<i>Перевішив</i>	<i>Блінова Н.К.</i>						<b>4</b>	
	<i>Консульт.</i>						<i>СНУ ім.В.Даля, гр.ПЕО-19 дм</i>		
<i>Н. Контр.</i>									
<i>Затвердив.</i>	<i>Суворін О.В.</i>								

## РЕФЕРАТ

Магістерська робота, 110 с., 14 табл., 25 рисунків, 43 літературних джерел,

В даній магістерській була розглянута тема «Оптимізація процесу біологічної очистки стічних вод в умовах сезонних змін температурного режиму»

ТЕМПЕРАТУРА, СТИЧНІ ВОДИ, БІОЛОГІЧНЕ ОЧИЩЕННЯ, НИТРИДЕНІТРИФІКАЦІЯ, МІКРООРГАНІЗМИ

Особливістю роботи є запропоноване нове технологічне вирішення, що дозволить модернізувати та оптимізувати роботу біологічної очистки стічних во.

При розробці технологічних схем, технологічних параметрів не завжди враховується температурний режим, що важливо для відкритих споруд які залежать від температури навколишнього середовища. Багато споруд побудовані в 70 роках, вони відкриті, при сильних перепадах температури очищення страждає і неможливо дотримати нормативні параметри очищення. Метою магістерської роботи була розробка технологічних параметрів процесу біологічного очищення при різних температурних режимах в різні періоди пори року.

В ході обзору була розглянута інформація про методи очистки стічних вод, нормування якості водного середовища. У проекті описана технологічна схема біологічної очистки стічних вод.

### ЗМІСТ

1	Фізико-географічна і кліматична характеристика розташування ПрАТ «СЄВЄРОДОНЕЦЬКЕ ОБ'ЄДНАННЯ АЗОТ»	10
1.1	Кліматичні умови	10

1.2	Геологічні і гідрогеологічні умови	15
2	Антропогенний вплив на гідросферу	19
2.1	Класифікація антропогенного впливу	22
2.2	Джерела забруднення вод	26
2.3	Токсикологічна характеристика основних забруднюючих речовин.	30
2.4	Токсикологічна характеристика забруднюючих речовин на живі об'єкти	34
3	Аналітичний огляд	34
3.1	Характеристика стічних вод	34
3.2	Характеристика методів очистки	40
3.3	Особливості біологічної очистки стічних вод	43
3.4	Вплив факторів навколишнього середовища на процес біологічної очистки	43
3.5	Вплив температури на фізико-хімічні і біологічні процеси в стічних водах	46
3.6	Температура водного середовища і її вплив на процеси, що відбуваються при очищенні стічних вод	48
4	Опис технологічної схеми	50
5	Оптимізація процесу біологічної очистки стічних вод в умовах сезонних змін температурного режиму	58
5.1	Вплив зовнішніх факторів на керування біохімічних процесів очищення стічних вод	58
5.2	Вплив температури на ефективність процесу нітрит-денітрифікації	69
6	Розрахунок основних технологічних параметрів	75
6.1	Розрахунок матеріального балансу процесу	75
6.2	Розрахунок окислювальної потужності	80
6.3	Розрахунок навантаження на мул	80
6.4	Розрахунок питомої витрати повітря.	81

7	Розрахунок відверненого еколого-економічного збитку	86
8	Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.	93
	Висновки	103
	Анотація	105
	Література	106

## ВСТУП

З кожним роком все гостріше постає проблема взаємин людини з навколишнім середовищем. Скидання промислових стічних вод призводить до забруднення природних водойм. Найбільш інтенсивному антропогенному впливу піддаються прісні поверхневі води суші (річки, озера, болота та ін.).

В теперішній час проблема забруднення водних об'єктів є найбільш актуальною, тому що всім відомий вислів - «вода - це життя». Без води людина не може прожити більше трьох діб, але, навіть розуміючи всю важливість ролі води в його житті, він все одно продовжує жорстко експлуатувати водні об'єкти, безповоротно змінюючи їх природний режим скидами і відходами. Це згубно впливає на здоров'я населення і веде до загибелі риб, водоплавних птахів та інших тварин, а також до загибелі рослинного світу водойм. При цьому не тільки отруйні хімічні і нафтові забруднення, надлишок органічних і мінеральних речовин також небезпечні для водних екосистем. Дуже важливим аспектом забруднення водного басейну Землі є потепління, яке представляє собою скидання підігрітої води з промислових підприємств.

В даний час процес очищення стічних вод має велике екологічне значення. Підвищення вимог до якості очищених стоків змушує шукати більш ефективні і екологічно безпечні способи видалення забруднень із стічних вод.

Очищення стічних вод хімічних виробництв можна здійснювати різними методами: механічними, хімічними, фізико-хімічними і біологічними.

Важливе місце серед цих методів очищення промислових і побутових стоків займає біологічна очистка.

Цей метод заснований на здатності мікроорганізмів утилізувати як поживних речовин органічні сполуки, розчинені в стічних водах. Споживання органіки може відбуватися як в присутності кисню (аеробне очищення), так і в його відсутність (анаеробне очищення).

Щоб забезпечити максимальний ефект біологічної очистки, потрібно створити та забезпечити умови мікроорганізмам. Тобто треба визначити та забезпечити оптимальні параметри їх життєдіяльності.

До числа факторів, що впливають на ефективність вилучення забруднюючих речовин, можна віднести кількість субстрату, концентрацію кисню, температуру, рН, вік мулу, наявність токсичних речовин.

В даний час для біологічного очищення стічних вод з використанням активного мулу використовуються математичні моделі різного ступеня складності і адекватності реальним процесам. Вони визначили, що для кожної з моделей температурний режим впливає і ці розрахунки можуть бути покладені в основу оптимізації процесу очищення стічних вод.

## **1 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА І КЛІМАТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОЗТАШУВАННЯ ПрАТ «СЄВЄРОДОНЕЦЬКЕ ОБ'ЄДНАННЯ АЗОТ»**

### **1.1 Кліматичні умови**

Місто Северодонецьк розташоване на південному сході України в західній частині Луганської області, на лівому березі річки Сіверський Донець. Місто входить до складу однієї з найбільших в Україні міських агломерацій – Рубіжансько-Лисичансько-Северодонецького промвузла, який займає 7 відсотків території Луганської області.

Площа міських земель становить 4151 гектар. Населення, яке проживає на території Северодонецької міської ради, становить близько 130 тисяч осіб.



Територіальна близькість промислових міст Лисичанська, Северодонецька та Рубіжного чинить взаємний вплив на екологічну ситуацію в регіоні.

Рельєф і ландшафтні умови. Місто Северодонецьк розташоване у межах Сіверськодонецької терасованої рівнини, яка знаходиться між південними відрогами Середньоруської височини та північними відрогами головного Донецького вододілу. В структурно-тектонічному відношенні територія відноситься до зони купольних структур, розташованих між складчастою Донецькою спорудою і південним схилом Воронізького кристалічного масиву, що обумовлює її складну геологічну будову та особливості рельєфоутворення.

В ландшафтному відношенні територія відноситься до південно-степової підзони степової зони Лівобережної частини України.

Поза річковими долинами домінуючими ландшафтами є терасові слабопагорбові піщані рівнини з дерново-підзолистими та дерновими піщаними ґрунтами під сосновими та сосново-дубовими лісами та піщаними степами.

Гідрографія. Основною водною артерією є ріка Сіверський Донець, що протікає з північного заходу на південний схід. Довжина річки в межах розглянутого району становить 3,5 км.

Хімічний склад вод у річках басейну Сіверського Дінця визначається ґрунтово-кліматичними і геологічними особливостями регіону. Складні геоморфологічні умови і характер ґрунтів визначають неоднорідність іонно-сольового складу річкових вод. Зменшення кількості опадів у напрямі з півночі на південь визначає загальний характер соленакопичування в ґрунтах, сприяє збільшенню мінералізації води у водних об'єктах. У північній частині басейну річкові води характеризуються гідрокарбонатним кальцієвим складом і помірною мінералізацією. У міру зменшення коефіцієнта зволоження в напрямку з півночі на південь і південний схід на водозборах лівих приток Сіверського Дінця збільшується ступінь засолення ґрунтів сульфатами і хлоридами. Річкові води частіше гідрокарбонатно-сульфатного і сульфатного

класу з переважанням у складі катіонів кальцію і натрію. У правобережній частині басейну формування хімічного складу річкових вод відбувається під впливом соленосних порід і дислокованих кам'яновугільних відкладень. Річкові води тут відрізняються підвищеною і високою мінералізацією і переважно сульфатно-хлоридним складом.

У період весняного водопілля формування хімічного складу річкових вод залежить головним чином від інтенсивності сніготанення і висоти повені, що обумовлюється метеорологічними факторами. У руслових водах мінімальні значення мінералізації зазвичай відповідають максимальним витратам річок у багатоводні періоди і коливаються в межах 120-300 мг/дм<sup>3</sup>. Більш високою мінералізацією паводкових вод відрізняються малі річки, що стікають зі схилів Донецького кряжа. У пік повені величини мінералізації води в них коливаються від 300 до 1000 мг/дм<sup>3</sup>.

На формування хімічного складу і гідрологічного режиму річок крім природних географічних чинників сильний вплив мають техногенні чинники, до числа яких належить зарегулювання стоку річки водосховищами, організовані і неорганізовані скиди стічних вод промислових підприємств, комунального і сільського господарства, шахтних вод, відбір вод для питного та технічного водопостачання. За результатами лабораторних досліджень гідрохімічні стан річки Сіверський Донець у прикордонному створі з Донецькою областю, на вході в Луганську область (питний водозабір с. Білогорівка), а також в межах міст Северодонецьк та Лисичанськ не відповідає нормативам граничнодопустимих концентрацій (ГДК) для водойм рибогосподарського водокористування і санітарним нормам для водойм культурно-побутового водокористування.

На території міста є два штучних водоймища. Озеро Паркове розташоване в північно-західній частині міста в рекреаційній зоні. Площа дзеркала озера Паркове становить близько 4,255 га при середній глибині 2 метри. Площа прибережної захисної смуги 2,533 га. Озеро Чисте розташоване в південно-східній частині міста в рекреаційній зоні. Площа дзеркала озера

становить близько 24,3 га при середній глибині 4 метри. Площа прибережної захисної смуги 7,7 га.

Кліматичні умови. Клімат району помірно континентальний з помітно вираженими посушливо-суховійними явищами. Температурний режим нестійкий і протягом року характеризується значними коливаннями. Найхолодніший місяць – січень, найтепліший – липень. Середня річна температура за багаторічний період за даними метеостанції Артемовська складає 7,8 °С.

Основний фактор, що визначає кліматичні умови території – радіаційний баланс. Мінімальні значення радіаційного балансу характерні для зимових місяців – грудня і січня, максимальні значення спостерігаються в липні. За даними багаторічних спостережень на метеорологічній станції Родзинки вони відповідно дорівнюють  $0,84 \cdot 10^3$  і  $34,36 \cdot 10^3$  Дж, річна сума радіаційного балансу складає  $191,90 \cdot 10^3$  Дж. Сонячна радіація послаблена в результаті забруднення атмосфери газопиловими викидами Рубіжансько-Лисичансько-Сєверодонецького промвузла. Рівень сонячної радіації знижений на 10-17%.

В холодну пору року і навесні погодні умови, як правило, визначаються впливом відрогів Азіатського баричного максимуму, що приносить малозволене, взимку холодне, а навесні тепле повітря. Взимку періодично прориваються циклони з південного заходу, які приносять тепле і вологе повітря, що обумовлює виникнення таких метеорологічних явищ, як завірюхи, тумани, ожеледь. В літні місяці циркуляція повітряних мас обумовлена відрогами Атлантичного баричного максимуму, що викликає стійку спекотну суху погоду, яка порушується циклонами, які надходять час від часу із заходу і призводять до встановлення помірно-спекотної погоди з періодичними грозами. Іноді влітку спостерігається зимовий тип розподілу атмосферного тиску, із закаспійських пустель надходить сухе і перегріте повітря, що викликає підвищення температури до 37-40 °С при відносній вологості 12-20%.

Зміна сезонів здійснюється поступово, без різких перепадів. Весняний сезон починається з часу стійкого переходу середньодобової температури

повітря через 0°C (друга половина березня). Середня багаторічна температура за три весняні місяці складає 9,2 °C. За початок літнього сезону прийнята дата переходу середньодобової температури через 15 °C (перша половина травня), коли встановлюється жарка погода з наявністю суховійних вітрів. Середня максимальна температура атмосферного повітря найтеплішого місяця складає 27,5°C. Початком осіннього періоду вважається дата переходу середньодобової температури через 0 °C (друга половина вересня). Середня багаторічна температура за три осінні місяці складає 8,9 °C. Число днів з позитивною температурою повітря за даними метеостанції Артемовська – 251.

Максимум пружності водяної пари і максимальна відносна вологість спостерігається з листопада по березень. На метеостанції Артемовськ пружність водяної пари в повітрі взимку складає  $(3,8-4,8) \cdot 10^2$  Па. Відносна вологість повітря змінюється в грудні від 80 до 88%. Влітку пружність водяної пари складає  $(13,2-15,9) \cdot 10^2$  Па, відносна вологість в 13 годин 58-64%, недостача насичення –  $(10,6-13,5) \cdot 10^2$  Па.

Опади випадають у вигляді дощу (80% від річної суми), 20% приходить на тверді опади. Середня багаторічна сума атмосферних опадів складає 431 мм. Максимальна кількість опадів (50 - 64 мм) випадає в червні, мінімальна (28-31 мм) – в лютому. Літні опади носять зливовий характер. Опади, що випадають в осінній період, є головним джерелом живлення ґрунтових вод. За хімічним складом опади переважно гідрокарбонатно-сульфатні, влітку з мінералізацією 0,034-0,144 г/л, в решту сезонів – 0,027-0,057 г/л. На формування хімічного складу опадів значною мірою впливають викиди в атмосферу шкідливих речовин підприємствами хімічної промисловості, за рахунок чого мінералізація атмосферних опадів може підвищуватися до 0,5-1,0 г/л.

Місто Северодонецьк сплановано з урахуванням рози вітрів. Вітровий режим території залежить від сезонного розподілу атмосферного тиску і взаємодії баричних систем. Домінуючі протягом року вітри – східного і південно-східного напрямку. Але в окремі роки домінують вітри північно-

західного, південно-західного та західного напрямків, що сприяє формуванню підвищеного потенціалу забруднення атмосферного повітря у селитебних районах міста Сєверодонецьку.

Протягом 300 днів на рік спостерігаються приземні інверсії. Приземні інверсії у двометровому нижньому шарі часто спостерігаються в нічні години.

Найбільша повторюваність приземних інверсій припадає на теплий період року. У денні години приземні інверсії спостерігаються дуже рідко й переважно в холодний період року. При піднятті інверсії в денні години спостерігаються частіше, ніж у нічні, у середньому за рік відповідно 62% й 44% від всіх випусків радіозондів. У річному ході при піднятті інверсії найчастіше спостерігаються в холодний період року. Середня річна потужність (висота) при піднятті інверсій 0,32 – 0,35 км. У холодний період року потужність приземних і при піднятті інверсій більше, ніж у теплий період року.

## **1.2 Геологічні і гідрогеологічні умови**

Описуваний район має складну геологічну будову, обумовлене його положенням в зоні зчленування двох великих різновікових структур - Воронежського кристалічного масиву та Донецької складчастої споруди, Кордон між структурами проходить по регіональному Сєверодонецькому насуву, що належить до Північно-Донбаської глибинної тектонічної зони. Уздовж Сєверодонецького насуву на даній ділянці сформувалося русло р. Сіверський Донець.

В геологічній будові району беруть участь осадові відкладення палеозойської, мезозойської і кайнозойської груп. Фундаментом осадової товщі служить складний комплекс метаморфічних і магматичних порід архею, протерозою і, можливо, рифею, що залягає на глибинах до 1-3 км на південному схилі Воронежського масиву та 3-10 км під складчастим Донбасом і складає фундамент структур.

Кам'яновугільні відклади залягають трансгресивно на відкладах девону і докембрію, представлені трьома відділами. На Старобільсько-Міллеровській монокліналі Воронізького платформеного схилу кам'яновугільні відкладення занурені на глибину від 650 до 1000-1500 м.

Четвертичні відкладення мають широкої розвиток і представлені лісовидними суглинками на вододілах, делювієм на схилах і алювієм річкових долин від нижнього до середнього відділу. Найбільш поширені лісовидні суглинки, що покривають в тій чи іншій мірі всі вододільні простори і схили. На вододільних просторах вони підстилаються червоними, червоно-бурими і бурими глинами (горизонт «скіфських глин»).

Основне значення для водопостачання мають підземні води зони активного водообміну, де розвинені такі водоносні горизонти та комплекси:

- техногенний спорадичного поширення на промайданчиках промислових підприємств;
- водоносний комплекс верхньочетвертичних і сучасних алювіальних і пліоцен - середньочетвертичних відкладень, поширений на заплаві і надзаплавних терасах р. Сіверський Донець;
- водоносний горизонт тріщинно-карстової зони крейдо-мергельної товщі, що є основним джерелом господарсько-питного централізованого водопостачання населення і підприємств Луганської області.

Техногенний водоносний горизонт розвинений спорадично. Водомісткими породами є піски з щебенем і будівельним сміттям. Горизонт безнапірний. Ґрунти сильно забруднені і засолені, у фільтраційному відношенні неоднорідні. Потужність техногенних відкладень становить 0,5-7 м. Потужність водоносного горизонту 0,3-6 м.

Харчування техногенного водоносного горизонту відбувається за рахунок інфільтрації атмосферних опадів, величина якої помітно відрізняється в бік збільшення в порівнянні з природними умовами, так як планування денної поверхні промислових майданчиків порушило природний поверхневий стік і збільшило підземний стік. Додатковим джерелом живлення служать

фільтраційні втрати промстоків і вод, що беруть участь в технологічному процесі виробництв.

Після пуску в експлуатацію водозаборів підземних вод відбулося зниження рівня підземних вод алювіального горизонту і на значних площах надзаплавних терас його повне осушення. В результаті багаторічної експлуатації крейдяного водоносного горизонту в алювіальних відкладеннях сформувалися депресійні лійки з пониженням рівня підземних вод алювіального водоносного горизонту - в центральній частині депресійних лійок до 7-24 м, на всій решті площі - до 2-7 м. Утворення депресійних лійок навколо експлуатаційних свердловин на більшій частині площі поширення водоносного горизонту призвело до зміни напрямку руху, ухилу підземного потоку, умов живлення і розвантаження.

У районах накопичувачів і промислових майданчиків підприємств в алювіальному горизонті утворюються купола розтікання, пов'язані з інтенсивною фільтрацією забруднених стічних вод.

Хімічний склад підземних вод алювіального горизонту в природних умовах гідрокарбонатний кальцієвий та гідрокарбонатно-сульфатний кальцієво-натрієвий з сухим залишком 0,2-0,6 г/дм<sup>3</sup>. В даний час на значній площі підземні води алювіальних відкладень забруднені різними компонентами, вміст яких у 3-100 разів перевищує ГДК. Основними джерелами забруднення підземних вод є промислові стоки, що фільтруються з накопичувачів.

Режим підземних вод крейдо-мергельного водоносного горизонту відноситься до типу режимів сезонного (переважно весняного, меншою мірою осіннього) харчування. Харчування підземних вод в природних умовах відбувається за рахунок інфільтрації атмосферних опадів, підземних вод верхніх горизонтів, паводкових вод. Площа живлення водоносного горизонту збігається з площею його поширення. За результатами режимних спостережень питомий приток в верхньокрейдий горизонт на різних ділянках змінюється в межах від 200 до 300 мм на рік і в середньому становить 4,1 л/с\*км<sup>2</sup>. В даний

час в харчуванні крейдо-мергельного горизонту значна роль належить техногенним розчинам.

За складом води крейдо-мергельного горизонту прісні гідрокарбонатні кальцієві, на південь мінералізація вод змінюється в широких межах (1-50 г/дм<sup>3</sup>). На тлі регіональних закономірностей зміни мінералізації на ділянках неглибокого залягання спостерігається гідрохімічна мікрозональність.

За умовами захищеності водоносний горизонт тріщинно-карстової зони є умовно захищеним від інфільтрації забруднених стоків з поверхні на вододільних просторах і незахищеним в долинах річок, де зона аерації потужністю 1-20 м представлена в основному пісками, а невитримані за площею малопотужні лінзи глин і мулу не є надійним водоупором. Зона замулювання, що залягає в кривлі водоносного горизонту, також не витримана за потужністю і не є перешкодою для проникнення забруднюючих речовин з поверхні. Відсутність природної захищеності підземних вод і високе багаторічне техногенне навантаження призвели до зміни гідродинамічного режиму підземних вод і сприяли утворенню потужних осередків хімічного і теплового забруднення. Приймаючи до уваги ту обставину, що на даний момент триває багатоводний період метеорологічного циклу і очікується подальший підйом рівня підземних вод, прогнозується подальше погіршення гідрохімічного стану підземних вод в осередках забруднення та на прилеглих до них територіях (водозаборах) [1].

## **2 АНТРОПОГЕННИЙ ВПЛИВ НА ГІДРОСФЕРУ**

### **2.1 Класифікація антропогенного впливу**

Вода відноситься до числа найбільш важливих природних ресурсів, таких, як повітря і енергоносії. Вода необхідна для всіх форм життя на Землі. Сукупність усіх джерел води на нашій планеті - морів, озер, річок, ставків, боліт, підземних вод - називається гідросферою. Загальна кількість води на Землі - 1386 млн км<sup>3</sup>



Антропогенний вплив на гідросферу - це вплив господарської діяльності людини на кількісні і якісні показники водних об'єктів.

Антропогенний вплив класифікується:

1 -за напрямками і видами господарської діяльності людини (промислові, сільськогосподарські антропогенні впливи)

2 -за напрямками обміну речовиною і енергією (антропогенний вплив в результаті вилучення, привнесення, експлуатації підземних і поверхневих вод, витоку з водогінних комунікацій, зрошення земель);

3 -за тривалістю впливу (короткострокове, довгострокове);

4 -по режиму впливу (постійне, періодичне, циклічне, хаотичне;

5 -по глибині (при поверхневе і глибинне);

6 -по площі (точкове і майданні);

7 -за наслідками антропогенний вплив (Позитивне, негативне, нейтральне - виснаження або штучне поповнення запасів підземних вод, підтоплення або осушення територій).

А також антропогенний вплив на гідросферу проявляється в забрудненні та виснаженні вод.

Забруднення вод - привнесення або виникнення в них нових (зазвичай не характерних для них) шкідливих хімічних, фізичних, біологічних агентів. Забруднення вод проявляється в зміні фізичних і органолептичних властивостей (порушення прозорості, забарвлення, запахів, смаку), збільшенні змісту сульфатів, хлоридів, нітратів, важких металів, скороченні розчиненого у воді кисню повітря, появи радіоактивних елементів, хвороботворних бактерій і інших забруднювачів.

Забруднення вод може бути природним і антропогенним (техногенним).

Природне забруднення вод викликано природними процесами. Наприклад, забруднення вод в результаті виверження вулканів, водної та вітрової ерозії, абразії (руйнування) берегів, засолення прісних вод солоними і т .п.

Антропогенне забруднення пов'язане з надходженням забруднюючих речовин в гідросферу в результаті діяльності людини.

Найбільш поширене хімічне та біологічне забруднення, в меншій мірі радіоактивне, механічне і теплове.

Хімічне забруднення - забруднення вод неорганічними і органічними речовинами. З органічних забруднювачів найбільш поширені нафту і нафтопродукти, СПАР, феноли, пестициди та ін., З неорганічних - кислоти, луги, важкі метали (ртуть, свинець, кадмій, миш'як і ін.).

Хімічне забруднення найбільш поширене, стійке і далеко поширюється забруднення гідросфери. При осадженні на дно водойм або при фільтрації в ґрунтові води шкідливі хімічні речовини сорбуються частинками порід, окислюються і відновлюються, випадають в осад і т.п. Однак, як правило, повного самоочищення забруднених вод не відбувається.

Біологічне забруднення - забруднення вод патогенними мікроорганізмами бактеріями, вірусами, найпростішими, грибами, дрібними водоростями і ін.

Радіоактивне забруднення - забруднення вод радіонуклідами. Воно небезпечно навіть при дуже малих концентраціях радіоактивних речовин, особливо «довго живучих» і рухомих в воді радіоактивних елементів (стронцій, уран, радій, цезій та ін.). Радіонукліди потрапляють в поверхневі водойми при скиданні радіоактивних відходів, захоронення їх на дні й ін., в підземні води - в результаті просочування вглиб землі разом з атмосферними водами або в результаті взаємодії підземних вод з радіоактивними гірськими породами.

Механічне забруднення - забруднення вод механічними домішками - твердими частинками (пісок, мул, шлам і ін.). Це властиво в основному поверхневим водам. При цьому найбільш значно погіршуються органолептичні показники води.

Теплове забруднення - це підвищення температури вод в результаті їх змішування з більш нагрітими поверхневими або технологічними водами

(теплових і атомних електростанцій). При підвищенні температури відбувається зміна газового та хімічного складу вод, що веде до розмноження анаеробних бактерій і виділення отруйних газів - сірководню, метану.

Одночасно відбувається «цвітіння» води внаслідок прискореного розвитку фітопланктону.

Розрізняють наступний стан антропогенних об'єктів гідросфери:

1 близьке до природного або слабо порушених, яке не потребує природоохоронних заходів;

2 порушене, але без очевидних наслідків, які потребують ретельних досліджень і профілактичних заходів;

3 кризовий, що знаходиться на межі незворотних наслідків, що вимагає вжиття невідкладних заходів;

4 катастрофічне, що приводить до незворотних порушень об'єктів гідросфери, ін. компонентів довкілля.

## **2.2 Джерела забруднення вод**

Забруднення водних систем представляє велику небезпеку, оскільки водні екосистеми надзвичайно чутливі до впливу забруднювачів. Процеси самоочищення і відновлення водних екосистем відбуваються повільно, а джерела забруднення водойм дуже різноманітні і практично не піддаються нейтралізації.

Основними джерелами забруднення природних вод є:

1) атмосферні води, що містять маси вимиваються з повітря хімічних речовин промислового походження. Оподи і талі води додатково залучають з собою велику кількість речовин.

Найбільш забрудненими є стоки з міських вулиць, виробничих майданчиків - у них містяться нафтопродукти, сміття, феноли, кислоти, оксиди важких металів;

- 2) побутові стічні води містять переважно фекалії, поверхнево-активні миючі засоби, жири, мікроорганізми;
- 3) сільськогосподарські стічні води, що містять добрива з полів, а також пестициди та отрутохімікати, завдяки яким отримують високі врожаї;
- 4) промислові стічні води, які утворюються в усіх галузях виробництва. Найбільш активними споживачами води вважаються целюлозно-паперова промисловість, чорна та кольорова металургія, енергетика, хімічна та нафтопереробна промисловість.

Найбільш поширеними забруднюючими речовинами поверхневих вод є нафтопродукти, феноли, кислоти, сполуки металів, азот, формальдегід, віруси і бактерії.

Забруднення води проявляється в зміні фізичних і органолептичних властивостей (порушення прозорості, забарвлення, запахів, смаку), збільшенні змісту сульфатів, хлоридів, нітратів, токсичних важких металів, скороченні розчиненого у воді кисню повітря, появі радіоактивних елементів і хвороботворних бактерій.

Серйозні екологічні наслідки викликає так зване теплове забруднення. При отриманні електричної енергії виділяється велика кількість надлишкової енергії, охолодження проводиться за допомогою води, яка скидається в навколишнє середовище, як правило, в водойми.

Зміни температури несприятливо впливають на всі структури водного співтовариства організмів. Різні види водоростей конкурують між собою за світло, простір та батареї.

Зміни температурного режиму, порушуючи конкурентні позиції окремих видів, сприяють загибелі одних і прискореного розмноження інших, що веде до екологічних зрушень.

Таким чином, в результаті теплового впливу змінюється видове різноманіття водної екосистеми. Частково потепління згладжує сезонні зміни температури у водоймі, що впливає на життєвий цикл деяких риб і рослин і

викликає їх загибель. Найбільш небезпечно вплив теплового впливу в умовах жаркого клімату, оскільки організми часто потрапляють в умови верхньої температурної границі.

Споживання води промисловістю і сільським господарством досягло в сучасному світі величезних розмірів. Найбільші міста світу щорічно скидають у водойми понад 500 млрд м<sup>3</sup> стічних вод. Тільки половина з промислових відходів піддається будь-якої очистки, решта скидається в водойми без будь-якої попередньої обробки. Тільки в Рейн щорічно скидається близько 1000 т ртуті, 1500 т миш'яку, 1700 т свинцю, 1400 т міді, 13 000 т цинку, 100 т хрому і 20 млн т різних солей. Найбільша річка Америки Міссісіпі акумулює забруднення з території, на якій розташовано 3/4 «брудної» промисловості США.

Основні причини забруднення вод морів і океанів наступні:

- скидання промислових і побутових стічних вод в моря або річки, в них впадають;
- надходження з суші стоків, що містять речовини, що застосовуються в сільському і лісовому господарствах;
- різноманітні витоку з суден морського транспорту;
- аварійні викиди і скиди судів, а також з підводних трубопроводів;
- видобуток корисних копалин на морському дні;
- випадання забруднюючих речовин з опадами з атмосфери;
- поховання на морському дні забруднюючих речовин.

Відомо, що в 1980-х роках на дно океану в спеціальних контейнерах опускалося щорічно близько 7 тис. тон радіоактивних відходів, а на початку 30-х років в Балтійському морі в цементних контейнерах поховано 7 тис. тон миш'яку. Такої кількості миш'яку вистачить для того, щоб отруїти все населення планети. У наш час вже відзначається порушення герметичності контейнерів і витік отрутохімікатів з них.

Найбільш поширені токсичні компоненти

великомасштабного забруднення Світового океану (по Патину) представлені в таблиці 2.2

Таблиця 2.2

Забруднюючі речовини	Ступінь біологічної небезпеки	Масштаб поширення
Радіонукліди: трійтій, стронцій-90	Сильна	Глобальний
цезій-137	Сильна	Глобальний
церій-144	Сильна	Глобальний
Хлороорганічні токсичні: ДДТ і його метаболіти	Сильна	Глобальний
поліхлоровані біфеніли	Сильна	Глобальний
альдрин	Сильна	Локальний
дильдрин	Сильна	Локальний
Метали: метилртуть, ртуть	Сильна слабка	Глобальний Глобальний
кадмій, свинець	значна	локальний
цинк	значна	регіональний
мідь	слабка	локальний
хром	слабка	регіональний
миш'як	незначна	локальний
залізо, марганець	незначна	локальний
Нафта і нафтопродукти	Значна	Глобальний
Детергенти	Невизначена	регіональний

Підраховано, що пасажери 1 круїзного корабля за тиждень виробляють 796 тис. л нечистот, скидають в море 3,5 млн л води з душу, кухні і пральних машин, 140 тис. л води з унітазів і понад 8 т твердих відходів.

А всього в Світовий океан щорічно потрапляє більше 30 тис. різних хімічних сполук в кількості до 1,2 млрд т . Антропогенна частка в сумарному надходженні свинцю в океан становить 92%, нафти - 88%, хлорованих

вуглеводнів - 100%. За розрахунками фахівців після 1945 року в середньому щорічно в океан з судів зливається не менше 2,5 млн м<sup>3</sup> нафтопродуктів.

Нафтове забруднення являє собою особливу небезпеку для морських екосистем. Нафтопродукти не змішуються з водою, утворюючи плівку, яка перешкоджає повітрообміну між водою і атмосферою. Всього лише 1 т нафти здатна утворити на поверхні води мономолекулярну плівку на площі до 12 км<sup>2</sup>.

Океан, точніше, мікрободорослі продукують 50% кисню, що надходить в атмосферу. Нафтова плівка перешкоджає надходженню кисню з води в повітря.

Крім того, слід врахувати, що 80% вологи надходить в атмосферне повітря за рахунок випаровування над океаном. В даний час близько 30% поверхні океану забруднено нафтою, яка перешкоджає випаровуванню морської води, що може бути однією з причин почастішання посух.

### **2.3 Токсикологічна характеристика основних забруднюючих речовин.**

Основними забруднюючими речовинами від підприємства ПрАТ «СЄВЕРОДОНЕЦЬКЕ ОБ'ЄДНАННЯ АЗОТ» є азотні компоненти, нітрати, нітроти, аміак.

Аміак- газ без кольору з різким запахом нашатирного спирту, приблизно в 1,5 рази легший за повітря, добре розчиняється у воді. Транспортується в зрідженому стані під тиском, при виході в атмосферу димить. Газ горючий. Пари утворюють з повітрям вибухонебезпечні суміші. Ємкості з аміаком можуть вибухати при нагріванні. Небезпечний при вдиханні. В народному господарстві використовується для отримання азотної кислоти, мінеральних добрив, соди. В рідкому вигляді використовується в холодильних установках.

Нейтралізується водою, або слабким розчином мінеральних кислот, а також відходами вапняного і гіпсового виробництва .

Засоби індивідуального захисту – ізолюючий протигаз, фільтруючий

протигаз "КД", респіратор РПГ- 67КД, ГП-5 з додатковим патроном ДПГ-3, захисний костюм Л-1. Основний промисловий спосіб отримання аміаку – синтез його з азоту і водню повітря в присутності каталізаторів при високій температурі і тиску.

Гранично допустима концентрація (ГДК) аміаку:

Повітря робочої зони: ГДК = 20 мг/м<sup>3</sup>, клас небезпеки – 4;

Атмосферне повітря населених місць: ГДК м.р. = 0,2 мг/м<sup>3</sup>,

ГДК с.д.=0,04 мг/м<sup>3</sup>, клас небезпеки – 4;

Вода водних об'єктів господарсько-питного та культурно-побутового призначення: ГДК=2 мг/дм<sup>3</sup>, клас небезпеки – 3;

Вода водних об'єктів рибогосподарського призначення: ГДК=0,05 мг/дм<sup>3</sup>;

Аміак чинить інтенсифікуючу та нейтралізуючу дію на окислення. Впливає на порушення балансу примикаючих морів, озер, річок через внесення надмірної кількості добрив (евтрофікації).

Застосування рідкого аміаку в сільському господарстві в якості добрива під сільськогосподарські культури і хімічного реагенту при обробці сільськогосподарських матеріалів регламентується санітарними правилами із зберігання, транспортування та застосування мінеральних добрив у сільському господарстві.

*Азот* — необхідний елемент для всіх форм життя. У процесі кровообігу азоту в природі під час розщеплення білків та інших азотовмісних речовин виділяється аміак. Нітрифікуючі бактерії окислюють його до нітратів, а ті, в свою чергу, перетворюються на нітрити. Під дією денітрофікуючих бактерій останні знову перетворюються на азот, який знову потрапляє в атмосферу. У ґрунті азот надходить з різними видами добрив, залишками рослин, амонієвими та азотнокислотними солями, які містяться в дощовій воді.

*Нітрати та нітрити*



Нагромадження нітратів в сільськогосподарській продукції в основному залежить від дози і термінів внесення азотних добрив, довжини світлового дня і часу посіву насіння, а також від освітлення - на затінених ділянках вміст нітратів вищий.

*Нітрати* ( -  $NO_3$ ) - це солі азотної кислоти, широко використовуються як мінеральні добрива в сільському господарстві а також у промисловості. Крім того, нітрати є природним продуктом кругообігу азоту в біосфері та головною формою неорганічного азоту в ґрунті. Вони містяться в землі, в підземних водах та в невисоких концентраціях у повітрі. Але найбільшу кількість нітратів приносить в природу людина при сільськогосподарської діяльності. Адже азот – це один з найважливіших поживних речовин для рослин і овочів та його додаткове внесення в ґрунт, для стабільного і більш якісного зростання просто необхідно.

*Нітрати* ( -  $NO_3$ ) – як добрива прискорюють зростання рослин, а також стимулюють значно більше плодоносити. Це і грає головну роль у серйозне збільшення рівня нітратів в ґрунті і ґрунтових водах, адже разом з поживними речовинами рослини отримують величезні дози нітратів, частину з яких вони залишають в собі, а частина, навіть не переробляючись, залишається в ґрунті і потрапляє в ґрунтові води.

*Нітри*ти ( -  $NO_2$ ) - солі азотистої кислоти, які мають як окисні, так і відновні властивості. Нітри

ти більшою мірою, ніж нітрати, в разі потрапляння в організм з їжею мають не лише токсичну, а й канцерогенну дію (виникнення злоякісних пухлин).

Гранично допустима концентрація (ГДК) нітратів:

Вода водних об'єктів господарсько-питного та культурно-побутового призначення: ГДК=45 мг/дм<sup>3</sup>, клас небезпеки – 3;

Вода водних об'єктів рибогосподарського призначення: ГДК= 40 мг/м<sup>3</sup>;

Гранично допустима концентрація (ГДК) нітритів:

Вода водних об'єктів господарсько-питного та культурно-побутового призначення: ГДК=3,3 мг/дм<sup>3</sup>, клас небезпеки – 2;

Вода водних об'єктів рибогосподарського призначення: ГДК= 0,08 мг/дм<sup>3</sup>

#### *Азотні компоненти.*

Оксиди азоту беруть активну участь у фотохімічних реакціях, продукуючи озон і азотну кислоту. Однак через відносно невисоких концентрацій NO і NO<sub>2</sub> в повітрі в даний час серйозну проблему представляє не глобальне, а регіональне та локальне забруднення повітря оксидами азоту.

Забруднювачі, що впливають на видимість атмосфери: NO та NO<sub>2</sub>, які реагують з утворенням нітрату і HNO<sub>3</sub> у вигляді частинок, що входять до складу аерозолі; за певних умов червоно-буре забарвлення NO<sub>2</sub> може послужити причиною зміни кольору димових викидів і димки в міських районах. Руйнування озонового екрану пов'язують з оксидом азоту, який служить джерелом утворення інших оксидів, що каталізують фотохімічну реакцію розкладання молекул озону. Окисли азоту являються парниковими газами, які спричиняють негативний вплив на навколишнє середовище.

Перетворення природного біологічного циклу азоту в агрогеохімічний повинно приводити до поліпшення азотного режиму сільськогосподарських ландшафтів і збільшення їх продуктивності. Однак негативним фактором в цьому процесі є підвищення концентрації амонійного і нітратного азоту до токсичних рівнів, що призводить до специфічних захворювань типу гемоглобінемії людей і тварин або до масових отруєнь.

У ґрунті як системі відбуваються такі зміни, які ведуть до втрати родючості: підвищується кислотність, змінюється видовий склад ґрунтових організмів, порушується кругообіг речовин, руйнується структура, погіршуються інші властивості.

Наслідком збільшення кислотності ґрунтів при застосуванні добрив (насамперед кислих азотних) є підвищений вимивання з них кальцію і магнію. Для нейтралізації даного явища доводиться вносити в ґрунт ці елементи [2].

Гранично допустима концентрація (ГДК) оксидів азоту:

Повітря робочої зони: ГДК = 5 мг/м<sup>3</sup>, клас небезпеки – 3;

Атмосферне повітря населених місць: ГДК м.р. = 0,4 мг/м<sup>3</sup>,

ГДК с.д.=0,06 мг/м<sup>3</sup>, клас небезпеки – 3;

*Формальдегід.*

Формальдегід - безбарвний газ з різким неприємним запахом. У технічних розчинах часто містить домішки метилового спирту й ацетону, У хіміко-фармацевтичному синтезі застосовується у багатьох випадках, головним чином у вигляді формаліну (35-40% розчину формальдегіду). Формалін міститься в чаї, молоці, ним протрують зерно. Він широко застосовується для синтезу пластмас, смол, волокон, в органічному синтезі, для дезінфекції. В організм проникає через органи дихання.

Гранично допустима концентрація (ГДК) формальдегіду:

Гранично допустима концентрація парів у повітрі 1 мг/м<sup>3</sup>.

Повітря робочої зони: ГДК = 0,5 мг/м<sup>3</sup>, клас небезпеки – 2;

Атмосферне повітря населених місць: ГДК м.р. = 0,05 мг/м<sup>3</sup>,

ГДК с.д.=0,01 мг/м<sup>3</sup>.

Вода водних об'єктів господарсько-питного та культурно-побутового призначення: ГДК=0,05 мг/дм<sup>3</sup>.

*Метанол.*

Метиловий спирт (метанол) - безбарвна рідина з типовим спиртовим запахом. Може надходити в організм у вигляді пари через дихальні органи, а також при всмоктуванні через шкіру. Однак у виробничих умовах як гострі,

так і хронічні отруєння при такому надходженні отрути зустрічаються вкрай рідко. Практично інтоксикації спостерігаються при прийомі його всередину замість етилового алкоголю. Це може бути причиною дуже важких уражень, що закінчуються в ряді випадків смертельними наслідками.

У вільному стані метиловий спирт зустрічається в природі лише зрідка і в дуже невеликих кількостях (наприклад в ефірних маслах), але похідні його поширені досить широко.

Гранично допустима концентрація (ГДК) метанолу:

Гранично допустима концентрація парів у повітрі  $50 \text{ мг/м}^3$ .

Повітря робочої зони: ГДК =  $5 \text{ мг/м}^3$ , клас небезпеки – 3;

Атмосферне повітря населених місць: ГДК м.р. =  $1 \text{ мг/м}^3$ .

Вода водних об'єктів господарсько-питного та культурно-побутового призначення: ГДК =  $3 \text{ мг/дм}^3$ .

## **2.4 Токсикологічна характеристика забруднюючих речовин на живі об'єкти**

*Аміак* володіє сильним токсичною дією на організм людини. За санітарної класифікації сильнодіючих отруйних речовин його відносять до 4 класу небезпеки.

Дія аміаку на організм людини проявляється у пошкодженні органів дихання, очей, слизових оболонок та шкіри. Людина скаржиться на свербіж та почервоніння, опіки шкіри, різі в очах та сльозотечу, сильний кашель. У випадку попадання рідкого аміаку і його розчинів на шкіру можливе обмороження. При високих концентраціях парів аміаку – судоми. Смерть настає частіше – через декілька годин або після отруєння від набряку легень і гортані.

У залежності від клінічних ознак, розрізняють 3 ступені важкості отруєння аміаком:

1. Легкий ступінь отруєння – подразнення слизової оболонки очей (сльозотеча), ураження верхніх дихальних шляхів (чхання, дере у горлі, печія, біль в горлі при ковтанні).

2. Середній ступінь отруєння – головний біль, загальна слабкість, запаморочення, порушення ходи, нудота, блювота, серцебиття, судоми.

3. Тяжкий ступінь отруєння – порушення дихання та діяльності серцево-судинної системи, судоми.

Без азоту, і зокрема без аміаку, не побудувати ті органічні сполуки, які потім перетворюються на рослинні білки, а надалі – в білки тварин.

Присутність амонію в водних об'єктах з концентрацією порядку 1 мг/дм<sup>3</sup> знижує здатність гемоглобіну риб зв'язувати кисень. Ознаки інтоксикації – збудження, судоми, риба кидається по воді і виплигує на поверхню.

*Нітрати* ( $-NO_3$ ) — це солі азотної кислоти, в невеликих кількостях вони не небезпечні, оскільки не відносяться до отруйних речовин і в мінімальній кількості існують практично у кожному продукті, який ми вживаємо в їжу. Насамперед, це природні речовини, які самі по собі входять до складу рослинних і живих організмів.

Клас небезпечності для нітратів та нітритів відповідно 3 і 2. Вплив нітратів на людину таїть небезпеку в їхній здатності перетворюватися в нітрити (небезпечні для організму людини речовини, що можуть завдати йому шкоди, вони мають дуже високу токсичність і вважаються в 30 разів більш небезпечними, ніж нітрати).

*Нітрити* ( $-NO_2$ ) вступають в реакцію з кров'ю людини, в результаті якої утворюється речовина під назвою метгемоглобін. Ця речовина не може переносити кисень, в чому полягає головна функція крові, результатом порушення якої є кисневе голодування (гіпоксія). Гіпоксія викликає

слабкість, погіршення самопочуття, порушення функцій нервової системи, серця, тканин нирок і печінки. Так само варто відзначити, що нітрати є стимулятором розвитку шкідливої мікрофлори кишечника, що призводить до потрапляння в організм людини отруйних і токсичних речовин.

Нітрати і нітрити впливають на функцію відтворення, доведено їхню ембріотоксичну дію, вплив на центральну нервову систему.

#### *Азотні компоненти.*

При взаємодії нітритів і амінів в живих організмах утворюються нітрозаміни, які є канцерогенами і здатні викликати порушення хромосомного апарату і спадкові каліцтва.

При високих дозах азотних компонентів в ґрунті збільшується ризик захворювань рослин. Має місце надмірне накопичення зеленої маси, і різко зростає ймовірність вилягання рослин.

Підвищення концентрації амонійного і нітратного азоту в організмі до токсичних рівнів призводить до специфічних захворювань типу гемоглобінемії людей і тварин або до масових отруєнь [3].

#### *Формальдегід.*

Формальдегід утворюється в організмі шляхом окислення метанолу. Володіє токсичністю, негативно впливає на генетичний матеріал, репродуктивні органи, дихальні шляхи, очі, шкірний покрив. Надає сильну дію на центральну нервову систему.

При дії формаліну на тканини відбувається згортання білків (протоплазматична отрута) з наступним некрозом. При гострому отруєнні на перше місце виступають явища подразнення очей і верхніх дихальних шляхів (сльозотеча, різь в очах, чхання, кашель і т. п.), що супроводжуються задишкою і болями в області грудей; на свіжому повітрі вони швидко проходять. При хронічному отруєнні слизові оболонки дихальних шляхів гіпереміровані і запалені, спостерігаються наполегливі головні болі,

серцебиття, на шкірі з'являється висип, дерматит, ламкість нігтів. З боку центральної нервової системи розлади чутливості до больових і температурних подразників.

З профілактичної точки зору особливу увагу повинно бути приділено очищенню технічних розчинів формальдегіду від домішки метилового спирту, оскільки пари останнього викликають ураження зору. Необхідно механізувати завантаження формаліну апарати і вести роботу з ним в герметизованому обладнанні при ефективно діючій вентиляції. При усуненні аварійного витоку газу роботу проводити у шлангових або фільтрувальних протигазах марки А.

#### *Метанол.*

Найбільш істотним клінічним симптомом гострого отруєння є розлад зору. Воно настає не відразу після прийому отрути, а після 2-3-денного періоду уявного благополуччя. Спочатку відчувається мелькання перед очима і затуманення видимості, що змінюються поступово наростаючим зниженням гостроти зору, аж до повної сліпоти. Зазвичай цих симптомів передують головні болі, запаморочення, хитка хода, розширення зіниць, нудота і т. Д. Всі ці явища пояснюються впливом отрути на центральну нервову систему. Тяжкість отруєння в великій мірі залежить від чутливості до метилового спирту, причому індивідуальні відмінності коливаються в значних межах (токсична доза від 5 до 30 г).

Для усунення можливості вживання всередину метилового спирту необхідний ретельний контроль за його витрачанням і зберіганням. На тарі (бочках, цистернах) повинен бути чіткий напис «Отрута». Слід проводити постійну санітарно-освітню роботу, роз'яснюючи робочим небезпеку споживання метилового спирту.

## 3 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

### 3.1 Характеристика стічних вод

Стічні води, що утворюються на підприємствах, можна віднести до трьох категорій промислові, побутові та атмосферні.

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

1) промислові води, що утворюються внаслідок безпосереднього використання води саме в технологічних операціях, вони забруднені всіма речовинами, які використовуються в технологічних процесах даного виробництва.

Частина цих вод, які отримують при завершальній обробці готового продукту, іноді слабо забруднена, і таку воду відносять до практично умовно чистих.

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

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

Промислові стічні води залежно від виду та концентрації забруднювальних речовин, а також від кількості стічних вод відводять або одним загальним потоком, або кількома самостійними потоками.

Так, у самостійні потоки об'єднують:

- слабкозабруднені промислові стічні води, які містять один або кілька видів забруднення,
- промислові стічні води, які містять токсичні сполуки,
- кислі або лужні стічні води,
- виробничі стічні води з неприємним запахом,
- дуже мінералізовані води,
- промислові стічні води, що містять олії, жири, нафтопродукти тощо.



В разі відсутності чітко визначених видів забрудників усі промислові стічні води об'єднують в один групу. Практично чисті води від допоміжних операцій, як правило, виводять окремим потоком або транспортують разом із зливовими (дошовими) водами.

Об'єднуючи забруднені стічні води, слід враховувати можливість взаємодії природних вод з виділенням значної кількості газоподібних речовин, і у тому числі, вибухонебезпечних продуктів, токсичних речовин тощо.

Побутові стічні води, які утворюються на території підприємства, відводять та очищують окремо, якщо промислові стічні води за характером їх забруднення не потребують біохімічного очищення.

Сумарне відведення побутових і промислових стічних вод доцільне, якщо останні забруднені органічними речовинами, що піддаються біохімічній деструкції, та якщо концентрація токсичних забруднень у загальному потоці, що надходить в споруди біологічного очищення, не перевищує гранично допустимої концентрації (ГДК) для біологічного очищення.

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

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

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

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

За ступенем мінералізації стічні води також поділяють на три групи.

Першу групу складають стічні води з мінералізацією до  $3 \text{ кг/м}^3$ , їх можна знесолювати методами іонного обміну.

До другої групи відносять стічні води з мінералізацією від 3 до 10 -15 кг/м<sup>3</sup>. Для знесолення таких вод доцільно використовувати мембранні методи.

До третьої групи слід віднести стічні води з мінералізацією понад 15 кг/м<sup>3</sup>, знесолення яких доцільно здійснювати лише термічними методами.

За концентрацію органічних домішок промислові стічні води поділяють на чотири категорії.

I — до 500 мг/л,

II — 500-5000 мг/л,

III — 5000-30 000 мг/л,

IV — понад 30 000 мг/л.

За ступенем агресивності стічні води поділяють

- на неагресивні (рН 6,5..8,0),
- слабкоагресивні (рН 6,0..6,5 та рН 8..9),
- сильноагресивні (рН<6 та рН>9).

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

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

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

### **3.2 Характеристика методів очистки**

Всі існуючі методи очищення стічних вод об'єднані в шість основних груп: механічні, фізичні, фізико-механічні, хімічні, фізико-хімічні, біологічні. Схема очистки, тобто послідовність застосування різних методів, залежить від стану забруднення, від складу та якості забруднювачів.

Механічна очистка складається з відстоювання в спеціальних резервуарах, відокремлення освітленої води від нерозчинних домішок з можливою їх утилізацією, фільтрування за допомогою піщаних фільтрів або спеціальних фільтрів. У цьому процесі отриману воду змішують з первинно

забрудненою для її усереднення, тобто доведення концентрацій домішок до певних стандартів, які дозволяють скид у водойми або каналізацію.

Фізичні методи полягають у випаровуванні з метою отримання розчинних у воді речовин в кристалічному стані з їх подальшим використанням; обробка магнітним полем, яке зменшує утворення нерозчинних осадів, сприяє їх розрихленню.

Фізико-механічні методи базуються на застосуванні механічних пристроїв, що діють на законах фізики: флотація, гіперфільтрація або зворотний осмос, ультрафільтрація, електродіаліз.

Флотація (англ. - плавучість) - метод, заснований на різній здатності прилипання частинок до поверхні розподілу двох фаз - вода та повітря і вода та тверда речовина (наприклад нерозчинні частинки). Через воду пропускають повітря у вигляді дрібних бульбашок, до поверхні яких прилипають тверді частинки, нафтопродукти і спливають на поверхню, де їх збирають спеціальними пристроями.

Ультрафільтрація - заснована на продавлюванні розчину з допомогою порівняно невеликого тиску через мембрани з порами, через які можуть рухатися молекули з невеликими розмірами - вода, іони солей і не можуть проникнути молекули великих розмірів - полімерів, колоїдів, отже вони відокремлюються. Мембрани виготовляють різної форми (листи, циліндри) з ефірів целюлози, поліамадів.

Гіперфільтрація - метод, в якому використовують також напівпроникні фільтри, але з дуже дрібними (молекулярних розмірів) порами, через які під дією великого тиску (від одного до десяти мільйонів Паскалей) продавлюються молекули води, а молекули солей лишаються з іншої сторони, де їх концентрація зростає.

Електродіаліз (гр. діаліз - розклад, відокремлення) - метод, в якому з допомогою спеціальних мембран, підключених в якості електродів до електричного постійного струму, відбувається переміщення солей. Вони накопичуються з одного боку мембрани, а де-мінералізована вода з іншого.

Мембрани виготовляють з іонообмінних полімерів - аніонітів, катіонітів, здатних вибірково поглинати іони металів (катіони) і аніони (кислотні залишки). Електричний струм інтенсифікує процес переміщення через мембрани.

Хімічні методи засновані, на відміну вище розглянутих, на зміні хімічного складу речовин, зокрема на перетворенні водорозчинних сполук у газоподібні, нерозчинні, наприклад осади, які потім відокремлюють і утилізують або захоронюють. Ці методи вимагають великої кількості хімічних реактивів, а отже є затратними, економічно недоцільними.

Більш ефективні сучасні методи: коагуляція, флокуляція, екстракція, іонний обмін, сорбція, абсорбція, адсорбція, хемосорбція

Коагуляція (лат. - згущення, згортання) - процес злипання дрібних частинок забруднювачів у більш крупні під дією коагулянтів - речовин, які зумовлюють процес, - солі алюмінію, заліза, кальцію, магнію, цинку, вуглекислого газу. Процес залежить від знаку і величини заряду на частинках забруднювача. Різновидом є електрокоагуляція, яку проводять в спеціальних ємностях з електродами, через які з розрахованою швидкістю протікає вода.

Коагуляція відбувається під дією гідроксиду заліза, утвореного з електродів під дією електричного струму. Це дуже економічний, ефективний метод для відділення нафтопродуктів. Флокуляція - процес, подібний до коагуляції, але зумовлений дією молекул з відносно великими розмірами - кремнієва кислота, ефіри, крохмаль, целюлоза, синтетичні полімери - поліакриламід, поліоксиетилен, поліетиленамін.

Сорбція (лат. - поглинати) - метод, заснований на здатності деяких речовин (деревне вугілля, активоване вугілля, кокс, торф, глина) поглинати інші речовини - газоподібні, рідинні за рахунок власних пор. Від кількості та розмірів пор залежить ефективність процесу. Абсорбція - поглинання шкідливої речовини всією масою речовини абсорбенту без хімічної зміни поглинутої речовини. Адсорбція - поглинання шкідливої речовини тільки поверхнею абсорбенту за рахунок молекулярних сил поверхонь речовин, які

взаємодіють без хімічного перетворення обох речовин. Хемосорбція - процес поглинання забруднювача із його хімічною зміною. Всі типи сорбції проводять у спеціальних пристроях колонного типу, заповнених поглиначем. Екстракція (лат. - витягувати, вилучати) - процес вилучення із стічних вод, як правило, органічних шкідливих речовин, наприклад фенолу, з допомогою екстрагентів - речовин, які вилучають (розчиняють в собі) шкідливу домішку. Реагенти не повинні розчинятися у воді, бути нетоксичними, пожежовибухонебезпечними, їх густина повинна відрізнятися від густини води, повинні легко регенеруватися, вивільнюючи поглинуту речовину, наприклад при нагріванні.

Іонний обмін базується на здатності іонообмінних смол-полімерів поглинати катіони або аніони з розчину. Широко застосовується на теплових електростанціях, котельнях для зменшення жорсткості води (мг-екв/л), яка зумовлена концентрацією іонів металів - кальцію, магнію, заліза, цинку та інших важких металів. Використовують у гальванічних виробництвах для поглинання іонів заліза, цинку, кадмію, срібла, золота та інших важких металів із стічних вод.

Біологічні методи очистки застосовують з використанням спеціальних штамів, рас мікроорганізмів, які строго специфічно здатні поглинати певні речовини - неорганічні, наприклад важкі метали, органічні - нафтопродукти. Процес ведуть в присутності повітря - аеробні мікроорганізми, або без повітря - анаероби в спеціальних пристроях - аеротенках, біотенках, на спеціальних територіях - полях фільтрації.

Біохімічна очистка стічних вод заснована на фізіологічній особливості мікроорганізмів, використовувати в якості поживного субстрату широкий спектр органічних речовин і деякі неорганічні сполуки, що містяться в стічних водах (вуглеводні, ароматичні речовини, органічні кислоти, спирти, жири, білки, вуглеводи, сірководень, аміак та ін.).

В процесі роботи очисних споруд формується складний за складом біоценоз активного мулу, що складається в основному з скупчення бактерій,

він також включає найпростіші, гриби, водорості. Якісний і кількісний склад мікроорганізмів залежить від характеру стоків.

### **3.3 Особливості біологічної очистки стічних вод**

Біологічне очищення стічних вод ґрунтується на здатності різних груп мікроорганізмів руйнувати в процесі своєї життєдіяльності розчинні органічні речовини, що містяться в стічних водах, тобто використовувати розчинені органічні забруднення стічних вод в якості продуктів харчування, в результаті чого вони отримують енергію для своєї життєдіяльності, а стічна вода звільняється від цих забруднень.

Біологічне очищення може здійснюватися наступними методами:

- в умовах, близьких до природних;
- у штучно створених умовах.

Біологічне очищення в умовах, близьких до природних, полягає у пристосуванні за допомогою технічних засобів природних біоценозів ґрунтів чи водойм до приймання стічних вод і природного біологічного окислення органічних речовин, що містяться у стічних водах.

До аеробного біологічного очищення у штучно створених умовах відносяться біофільтри і аеротенки. Біофільтр – резервуар з фільтруючим матеріалом, поверхня якого покрита біоплівкою (колонія мікроорганізмів, що здатні сорбувати й окисляти органічні речовини і стічних вод). Аеротенк – резервуар, в якому очищувані стічні води змішуються з активним мулом (біоценоз мікроорганізмів, також здатних поглинати органічні речовини зі стічних вод).

Важливими аспектами процесу біологічної очистки є:

Навантаження на мул. Під ним треба розуміти кількість забруднень, що надходять зі стічною водою, які приходяться на одиницю масу мулу в одиницю часу. Ця величина виражається в міліграмах або грамах забруднення (ХСК, БСК чи інші забруднення) на 1 г сухої речовини або в 1 год, або в 1добу.

Біохімічне споживання кисню(БСК).

Кількість кисню, яке витрачається для біохімічного окислення органічних речовин в певний інтервал часу, називається біохімічним споживанням кисню (БСК). За величиною БСК можна встановити ступінь забруднення стічних вод органічними речовинами. Чим вищий показник БСК, тим більш забруднені стічні води.

Однак, БСК стічних вод не характеризує повної кількості органічних речовин, що містяться в стічних водах, так як частина з них не піддається окисленню біохімічним методом, а частина речовин витрачається на приріст біомаси. Тому для визначення повної кількості кисню, необхідного для окислення всіх органічних забруднень стічних вод, застосовують хімічні методи окислення (ХСК).

Розрізняють БСК<sub>5</sub> та БСК<sub>повн.</sub>

БСК<sub>5</sub> – кількість кисню (мг/дм<sup>3</sup>), яке витрачається на біохімічні процеси в продовж 5 діб.

БСК<sub>повн.</sub> – кількість кисню (мг/дм<sup>3</sup>), яке витрачається на біохімічні процеси в продовж 20 діб, тобто повне біохімічне окислення.

Хімічне спочивання кисню (ХСК).

Це кількість кисню, необхідне для повного окислення всіх відновлювачів (органічного і неорганічного походження), які знаходяться у стічній рідині.

Кількісне визначення ХСК проводять шляхом спалювання забруднень сильними окиснювачами у кислому середовищі. При цьому не враховується кисень, який витрачається на окиснення аміаку, тому як утворення нітратів і нітритів не входить у величину ХСК.

ХСК завжди більше БСК<sub>повн.</sub>, тому як при біохімічних процесах не всі речовини мінералізуються. Крім того, у середовище повертаються продукти обміну речовини з клітин мікроорганізмів, які не мінералізуються.

Муловий індекс характеризує сидементаційну здатність активного мулу, тобто схильність до осідання. Добре осідаючий мул має муловий індекс від 60-90 до 120-150 мг/л в залежності від технологічного режиму роботи аераційних

споруд і складу стічних вод. Як перенавантаження, так і недовантаження активного мулу по забрудненням призводить до різкого збільшення мулового індексу, названий «набуханням» мулу та підвищеному виносу його з очищеною стічною водою.

Окислювальна потужність аеротенку – це кількість забруднень, що знімаються в одиницю часу, масою активного мулу, і які знаходяться в об'ємі споруди.

Ще одною важливою характеристикою метаболічної активності мулу є вік мулу, під яким слід розуміти середню тривалість його перебування в спорудах біохімічної очистки.

Зольність – вміст у відсотках негорючого(на безводну масу) залишку, який утворюється із мінеральних домішок при його повному згоряння.

Отже існує багато сучасних методів, пристроїв, здатних очищати стічні води. Використання певного з них залежить від складу забруднень у воді, подальшого її використання та виділених речовин. Вода, як і нафта, вугілля, природний газ дорожчає, тому очищену воду треба знову направляти в технологічні процеси, створюючи замкнені технологічні цикли.

### **3.4 Вплив факторів навколишнього середовища на процес біологічної очистки**

У процесі біологічного очищення стічних вод формуються біоценози мікроорганізмів (активний мул), склад яких визначає ряд факторів: характер домішок стічних вод, вихідний посівний матеріал і умови проведення процесу очищення. Інтенсивність і глибина протікання біологічної очистки залежить від якісного складу активного мулу, різноманітності форм і видів мікроорганізмів, здатності їх адаптації до конкретного складу забруднюючих речовин стічної рідини. До числа факторів, що впливають на ефективність вилучення забруднюючих речовин, можна віднести кількість субстрату, концентрацію кисню, температуру, рН, вік мулу, наявність токсичних речовин [8,41]



Оптимальною температурою для біохімічних процесів, що відбуваються в очисних спорудах, вважається 20-30 °С, при цій температурі біоценоз представлений найбільш різноманітний і добре розвинений мікроорганізмами.

Мікроорганізми по відношенню до оптимальних діапазонів температур умовно поділяють на три великі групи:

- 1) псіхрофіли, розвиваються при температурі 10-15 °С;
- 2) термофільні мікроорганізми, ростуть при 35-70 °С; оптимальної для їх розвитку температурою є 50-60 °С;
- 3) мезофільні мікроорганізми, складові проміжну групу, мають температурний оптимум 25-37 °С. [3,42].

Мікроорганізми, складові активний мул, можуть функціонувати і проявляти високу активність в широкому інтервалі температур. Залежно від температурного режиму біоспоруджень в активному мулі будуть формуватися, і переважати ті чи інші види мікроорганізмів, що проявляють високу активність в даному температурному діапазоні.

При зниженні температури навколишнього середовища швидкість окислювально-відновних процесів в бактеріальній клітці знижується. Отже, зменшується потреба мікроорганізмів в кисні. При зниженні температури на 10 °С від оптимальних значень швидкість біохімічних процесів знижується в 1,5-2 рази.

На розвиток організмів впливає також активна реакція середовища (рН), адже значна частина живих істот краще розвивається в нейтральному або слабко лужному середовищі. Оптимальним для біологічного очищення вважається середовище з рН = 6,5-7,5. Відхилення рН за межі 6 і 8,5 зменшує швидкість окислення внаслідок уповільнення обмінних процесів в клітині.

Таким чином, нормальний хід процесів біологічної очистки стічних вод від органічних забруднюючих речовин повинен забезпечуватися певними умовами. Якщо ці умови не дотримуються, необхідно їх коригувати:

1-змінювати температурний режим за рахунок підігріву або охолодження стічних вод;

2-здійснювати нейтралізацію стічних вод;

3-при нестачі біогенних елементів в стічних водах слід додавати їх штучно у вигляді суперфосфату, аміачної води, амофосу і ін. в виводы можно.

В аеробних спорудах біологічної очистки повинна підтримуватися концентрація розчиненого кисню не менше 2 мг / л, інакше спостерігається зниження швидкості утилізації органічних сполук. Необхідна концентрація кисню в спорудах підтримується подачею повітря або технічного кисню за допомогою аераційних систем і аераторів.

При роботі біологічних очисних споруд здійснюється постійний контроль за концентрацією токсичних компонентів, які не повинні перевищувати ГДК. У процесі біологічного очищення подається така кількість стічних вод, що мають певну концентрацію органічних забруднюючих речовин, щоб не перевищувати величини добового навантаження цими забруднюючих речовин в перерахунку на 1 м<sup>3</sup> очисної споруди, на 1 г сухої біомаси або на 1 г беззольної частини біомаси. Практично всі органічні речовини можуть бути окислені в аеробних умовах, хоча швидкість процесу їх окислення варіюється в широкому діапазоні.

Біологічне очищення стічних вод називають повним, якщо БСК (біохімічне споживання кисню) очищеної стічної води становить менше 20 мг / л і неповним при БСК - більше 20 мг / л.

В практиці водоочищення зазвичай це процеси аеробної біологічної очистки, які відбуваються під дією аеробних мікроорганізмів за наявності у воді розчиненого кисню. Здатність мікроорганізмів біологічної плівки і активного мулу споживати сполуки різноманітного хімічного складу і їх висока адаптаційна спроможність до змінюваних умов зовнішнього середовища дозволяє ефективно очищувати стічні води від органічних сполук, що містяться у побутових стічних водах, а також від біологічно окислюваних речовин, що містяться у виробничих стічних водах. На сьогодні біологічне очищення стічних вод на біофільтрах і в аеротенках є основним, найбільш

ефективним та економічно доцільним методом очищення міських і багатьох категорій виробничих стічних вод. [43].

### **3.5 Вплив температури на фізико-хімічні і біологічні процеси в стічних водах**

Температура має значний вплив на забруднення, в тому числі може змінювати їх склад і хімічні показники, а також сповільнювати або прискорювати протікають реакції.

При підвищенні температури йде також активізація хімічного окислення забруднень і видалення летючих і газоподібних продуктів реакції, внаслідок чого йде посилення запаху, характерного для даної стічної води. Крім того, при підвищенні температури до діапазону 20-30 °С йде збільшення осаджувальних здібностей активного мулу, завдяки зниженню щільності середовища.

При підвищенні температури знижується розчинність кисню та азоту в воді, що може привести до дефіциту кисню, а так само до надмірного накопичення нітратів і нітритів, а так само утворенню токсичних розчинів двухвалентного окису азоту і одновалентного закису азоту, що може привести до негативного впливу на екосистему активного мулу.

При зниженні температури йде збільшення розчинності кисню у воді, тому життєдіяльність активного мулу залишається практично тією ж, що і при більш високій температурі середовища.

При підвищенні температури так само зростає і негативний вплив токсинів, що пов'язано зі збільшенням споживання кисню і, як наслідок, підвищенням клітинної проникності, в тому числі і для отруйних речовин.

Вплив температури може бути як короткочасним, так і тривалим. Як не дивно, але швидка зміна температурного режиму більш згубно, так як біоценоз активного мулу не встигає пристосуватися до умов, що змінилися середовища, що може привести до його загибелі.

Якщо ж дія підвищених температур є тривалим, то за цей період відбувається адаптація бактерій і мікроорганізмів активного мулу до змін середовища. Але для виживання і адаптації біоценозу слід посилити його постачання киснем і більш активно перемішувати мулову біомасу для посилення обмінних процесів в її обсязі.

Тому для того, щоб біоценоз активного мулу здійснював окислювальну ферментацію органічних забруднень і при підвищених температурах середовища, що досягають 35 °С, слід забезпечити очисні установки додатковими мішалками, завдяки яким покращиться постачання біомаси активного мулу киснем, інтенсифікуються обмінні процеси і буде забезпечено охолодження стічних вод.

Підвищення температури середовища може активувати і каталізувати спухання активного мулу, незалежно від причин його виникнення, так як при підвищенні температури збільшується дефіцит кисню, розчиненого у водному середовищі.

При таких напіванаеробних умовах йде придушення життєдіяльності фокулообразуючих гетеротрофних бактерій і активізується розвиток нитчатої флори і фауни, що є основною причиною спухання біомаси активного мулу.

Позитивно дію підвищеної температури позначається на процесах нітрифікації і денітрифікації, чію інтенсивність можна спостерігати в літній час. Для оптимального перебігу процесу нітрифікації, при якому не відбувається накопичення розчинних сполук азоту, і розчинність кисню його не лімітує, ідеальним є діапазон температур між 20 і 25 °С. При зниженні до 9 °С швидкість нітрифікації стрімко падає, а при 6 °С припиняється зовсім.

Підвищення температури до 36 °С веде до прискорення денітрифікації, що може призводити до винесення обложених суспензій в зв'язку з мимовільної флотації бульбашками газоподібного азоту і його оксидів, що утворюються в результаті окислення амонійного азоту і нітратів.

Позитивно підвищення температури в літній період позначається так само на знезараженні стоків при глибокому очищенню, так як окислювальна активність хімічних речовин при підвищенні температури зростає.

### **3.6 Температура водного середовища і її вплив на процеси, що відбуваються при очищенні стічних вод**

Температура стічної води багато в чому визначає перебіг процесу очищення стічної води, так як робить істотний вплив на розчинність речовин, швидкість протікання реакцій і механічного поділу фаз, а так само на життєдіяльність екосистеми активного мулу, обмеженістю з обміном речовин і споживанням розчиненого кисню бактеріями і організмами, складовими його біомасу.

Сезонні зміни температури є основним значущим чинником, що визначає температуру стічної води, так при великих обсягах її переробки гаряча вода господарсько-побутового призначення розбавляється в загальній кількості стоків. Тому, при значних сезонних змінах в зимовий період в регіонах з холодним кліматом потрібно обов'язковий підігрів стічної води, інакше стане неможливою стадія біологічного очищення.

Діапазон температур від 16 до 23 °C ідеально підходить для біологічного очищення, при цьому нижня допустима межа становить 12 °C, а верхня повинна бути не більше 36-38 °C для неадаптованих, або 40 °C для адаптованих біоценозів.

Обмеження по верхній межі пов'язано з ферментативної активністю флокулообразуючих бактерій активного мулу, так як ферменти здебільшого складаються з білка і при 50 °C відбувається їх згортання, або коагуляція і повна зупинка функцій.

Кожен фермент має свій рівень стійкості до впливу високих температур, але в основному вже температура в 35 °C непридатна для повноцінного функціонування будь-якого з них. Підвищення температури може викликати в білка процесом коагуляції, що є незворотнім, тому при недотриманні

температурного режиму можливе гальмування обмінних процесів аж до їх повної зупинки.

Оскільки ферменти, що входять до складу біополімерного гелю, забезпечують зовнішньо клітинне окислення і розкладання складної органіки, то їх «виведення з ладу» веде до появи у стоках неокисленої і недоокисленої органіки. А підвищення концентрацій таких продуктів не тільки значно знижує якість очищення, а й може призвести до негативного впливу на екосистему активного мулу. [41,43].

Набагато більш стійкі ферменти до впливу низьких температур і навіть можуть повністю відновлюватися після заморожування, тому при зниженні температури життєдіяльність бактерій активного мулу знижується, але може бути відновлена в будь-який момент.

#### **4 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ**

Для розрахунку технологічних параметрів ми використали, як модельну ситуацію, технологічне очищення побутових стічних вод на ПрАТ «Об'єднання Азот» потужністю 33000 м<sup>3</sup>/добу

Комплекс обладнання біохімічної очистки ПрАТ «Об'єднання Азот» в складі цеху нейтралізації та очистки промислових стоків (НОПС) призначений для прийому та очистки побутових і промислових стічних вод підприємств міста Северодонецьк, хімічно забруднених і побутових стічних вод «Об'єднання Азот» та інших сторонніх організацій, що знаходяться на території підприємства.

Очищені стічні води піддаються доочистки та знезараженню хлором, а далі направляються в цех зовнішнього водопостачання ПрАТ «Об'єднання Азот».

До складу споруджень стадії біологічної очистки побутових стічних вод входять :

- Аеротенки - споруда для штучного біологічного очищення стічних вод за допомогою активного мулу (бактерії-мініралізатори та нижчі організми) і продування повітрям (аерації).

Аеротенк являє собою бетонний проточний басейн глибиною 3—5 м, шириною 3—12 м і довжиною до 150 м. Повітря, що подається через закладені в дні аеротенка пористі пластинки (фільтроси), перемішує попередньо відстояну суміш стічної рідини і активного мулу, постачаючи кисень, потрібний для життєдіяльності бактерій, та окислюючи органічні забруднення.

Активний мул випадає у вторинних відстійниках, звідки знову перекачується в аеротенк, а його приріст (завислі речовини) скидається для обробки (бродіння) з осадом первинних відстійників. Час перебування стічної рідини в аеротенку 6—12 годин. [14].

- Первинні відстійники радіальні (діаметр 20 м). У первинних відстійниках затримуються грубо-дисперсні мінеральні завислі речовини, нерозчинені органічні домішки, плаваючі речовини, жири. Діаметр кожного відстійника становить 40 метрів, глибина - 4 метри.

- Насосна станція відкачки дренажних вод №1.

Біохімічестка очистка стічних вод заснована на фізіологічній особливості мікроорганізмів використовувати в якості поживного субстрату широкий спектр органічних речовин та деякі неорганічні сполуки, які містяться у стічних водах (вуглеводні, ароматичні речовини, органічні кислоти, спирти, жири, білки, вуглеводи, сірководень, аміак ті інші). В процесі роботи очисних споруд формується складний по составу біоценоз активного мулу, що складається в основному із скупчення бактерій, він також включає найпростіші, гриби, водорості. Якісний та кількісний склад мікроорганізмів залежить від характеру стоків.

Процес очистки стічних вод, що надходять на споруди БХО, складається з декількох стадій:

- фізико-хімічна очистка;
- біологічна очистка;

- доочистка;
- знезараження;
- оброблення осадів.

Стічні води піддаються очищенню двома потоками. Перший потік – промислові стічні води об'єднання, другий потік - суміш побутових і промислових стічних вод м. Сєверодонецька і побутових стічних вод ПрАТ «Об'єднання Азот».

Для очищення першого потоку використовують нітрифікатор, частина потужностей IV, III черг БХО. Для очистки другого потоку – частина потужностей споруд II черги.

Стадії доочистки, знезараження, оброблення осадів здійснюється спільно для промислових, міських і побутових стічних вод ПрАТ «Об'єднання Азот».

Біологічна очистка промислових стічних вод здійснюється в три етапи:

- денітрифікація в аеротенках – денітрифікаторі поз.40/1,2;
- біологічна очистка а аеротенкі IV черги поз.42/15,16;
- доочистка в аеротенкі III черги поз. 31/13,32/14;

Денітрифікація стічних вод здійснюється в денітрифікаторі, де відбувається практично повне видалення з промислових стічних вод азотовмісних речовин і значної (переважної) частини органічних забруднень, в основному біохімічно легко окислювальної. Очищення здійснюється методом біохімічної денітрифікації мікроорганізмами. [14].

Денітрифікатор являє собою відкритий залізобетонний двухкоридорний аеротенк з розмірами коридорів 6x72x4,5 (h).

В технологічному процесі використовується два аеротенка поз.40/1,2 об'ємом 3900 м<sup>3</sup> кожен.

Стічні води по двом напірним колекторам діаметром 250 мм подаються в загальний лоток перед денітрифікатором, звідки за розподільчим каналом через шибєрні пристрої розосереджено надходять на початок перших коридорів аеротенків, де вони змішуються з зворотними рециркуляційним



активним мулом з концентрацією 4 - 6 мг/дм<sup>3</sup>, що подається ерліфтами з вторинних відстійників поз.41/17,18.

У загальний потік також передбачена подача:

- надлишкового активного мулу з споруд II і IV черг (при необхідності);
- технічної води (очищених стічних вод) трубопроводом діаметром 200 мм.

Ущільнений мул II черги подається (при необхідності) в лоток зворотнього мула або денітрифікатора.

Підтримка мулу в завислому стані і постачання мікроорганізмів киснем здійснюється стисненим повітрям через склопластикові аератори. Повітря в денітрифікатор подається по двом колекторам діаметром 500 мм від компресорної станції поз.60. Тиск у магістральних трубопроводах повітря реєструється показаннями манометрів поз.РІІ. Час аерації становить 21 год.

Виходячи з якісного складу освітлених промислових стічних вод для життєдіяльності мікроорганізмів - денітрифікаторів передбачається подача біогенного фосфору. Ортофосфорна кислота дозується в приймальну камеру насосної станції поз.58 масовою витратою 149 кг/добу ( в розрахунку на 100% ортофосфорну кислоту).

У разі збільшення кількості нітратів в промислових стічних водах або недостатнього надходження органіки передбачається подача водно-метанольної суміші в денітрифікаторі поз. 40/1,2. Максимальна витрата метанолу в разі відсутності стічних вод виробництва «Оргсинтез» може становити 2066 кг/добу по БСК.

Шляхом витіснення суміш стоків і мула поступає в другі коридорі аеротенка, де в умовах аерації відбувається подальше очищення стічних вод.

В кінці других коридорів стоки стікають у збірний лоток і далі по трубопроводу надходять в розподільну чашу вторинних радіальних відстійників поз. 40/17,18 діаметром 20 м.

Розподільна камера вторинних відстійників обладнана незатоплюваним водозливом з широким порогом. Мулова суміш з розподільної камери по самотійному трубопроводу направляється в центральний розподільчий пристрій відстійник, а звідти по заглибленому випуску у відстійну зону. За рахунок зміни напрямку руху і зниження швидкості внаслідок розосередження рідини по всьому об'єму відстійника відбувається розшарування очищеного стоку з осіданням активного мулу. Час відстоювання становить 3 години.

Вилучення активного мула з відстійників відбувається під гідростатичним тиском за допомогою мулососів. Активний мул, що осів по самопливному колекторі зливається у гасительну камеру, звідти рециркуляційний активний мул в об'ємі 80-100 % від витрат стічних вод ерліфтами повертається в перший коридор аеротенка поз.40/1,2, а надлишковий активний мул відводиться в аеробний стабілізатор поз.64.

Збирання освітленої води в відстійник здійснюється через водозливи збірним кільцевим лотком, розташованим по периметру відстійника. Із збірного лотка освітлені стоки по системі підземних трубопроводів відводиться у приймальну камеру №3 насосної станції поз.60, звідти насосами поз.60/Н7,8 подається в аеротенк поз. 42/15,16, на другу стадію біологічної очистки. Основними забрудненнями є неокислена в денітрифікаторі органіка і залишкові кількості азотних сполук.

Для другої стадії біологічного очищення стічних вод використовують один чотирьох коридорний аеротенк поз. 42/15,16 ємність 11000 м<sup>3</sup> з розміром коридору 114х6х4,5(н).

В аеротенках поз.42/15,16 крім очищених стоків після денітрифікатора поз. 40/1,2 подаються:

- мулова вода з станції зневоднення осадів поз.51;
- очищений сток з ливненакопителя;
- рециркуляційний активний мул після илоуплотнителів поз.61/4,5 насосами поз.60/Н1,2.

Передбачена також подача:

- частина промстоків з насосної станції поз.58
- стічні води з шламонакопичувача №1.

Стоки після денітрифікатора поз.40/1,2 по трубопроводу діаметром 300 мм розосереджено надходять на початок першого коридора аеротенка поз. 42/15,16.

Активний мул надходить в загальний лоток перед аеротенками і через шиберні пристрої – в перший коридор аеротенка. Мулова вода з станції зневоднення осадів поз.51 і очищений сток після ливненакопичувача по напірним трубопроводом подаються у верхній розподільний лоток, розташований з протилежного від мулового лотка боку аеротенка. Подача їх безпосередньо в аеротенк здійснюється за розподільчим каналом через шиберні пристрої у другий і третій коридори аеротенків.

Для інтенсивного перемішування рідини і забезпечення мікроорганізмів киснем в аеротенк через аератори надходить стиснене повітря з компресорної станції поз.60. Тиск в магістральних трубопроводах повітря контролюється показаннями манометра поз. РІ 2,3. Час аерації становить 30 годин.

В кінці четвертих коридорів аеротенка мулова суміш через водозлив перегікає в збірний лоток, з якого по трубопроводу діаметром 700 мм надходить у вторинний відстійник поз.44/15,16 діаметром 24 м, ємність 1700 м<sup>3</sup>. Принцип роботи відстійника аналогічний роботі відстійника поз.41/17,18. Час відстоювання становить 4,5 години.

Активний мул з вторинного відстійника самопливом надходить в мул ущільнювачі поз.61/4,5 і далі у прийомний резервуар насосної станції поз.60. Рециркуляційний ущільнений активний мул об'ємом 50% від витрати стічних вод насосами поз.60/Н1,2 надходить в аеротенк поз.42/15,16,а надлишковий активний мул – в аеробний стабілізатор поз.64.

Доочистка промислових стічних вод від біологічно «жорстких» важко окислювальних органічних забруднень здійснюється спільно з побутовими стічними водами на спорудах III черги поз.31/13,32/14.

Біологічно очищені, освітлені стічні води після відстійника поз.44/15,16 по трубопроводу діаметром 800 мм спільно з побутовими стічними водами після змішувача поз.5 надходить в прийомну камеру насосної станції поз.36. Суміш побутових і промислових стоків насосами поз.35/Н1,2 подається в загальний лоток перед аеротенками поз.31/13,32/14. Для сумісної очистки вказаних стічних вод використовується один чотирьох коридорний аеротенк ємністю 11000 м<sup>3</sup> з розміром коридору 114х6х4,5(h). Надходження стічної рідини безпосередньо в аеротенк здійснюється через шиберні пристрої за розподільчим каналом в другий і третій коридори аеротенка. Перший коридор функціонує як регенератор мула, рециркуляційний мул об'ємом 30-40% від витрати стічних вод подається в перший коридор аеротенка ерліфтами з вторинних відстійників поз.33/13,14. Для відновлення окислювальної здатності активного мулу в регенератор подається 30% повітря більше, ніж в аеротенк. Із регенератора активний мул перетікає у другий коридор аеротенка, де змішується зі стічною рідиною для подальшої спільної доочистки в третьому та четвертому коридорах.

Перемішування стоків і забезпечення мікроорганізмів киснем через аератори здійснюється стисненим повітрям від компресорної станції поз.10. При необхідності можлива подача повітря від компресорної станції поз.60. Тиск в магістральних трубопроводах подачі повітря в аеротенк поз.31/13,32/14 контролюється показаннями манометра поз. РІ 4,5.

Час аерації становить 16 годин.

В кінці четвертого коридору стоки через водозлив перетікають в загальний лоток, а потім поступають в розподільну камеру вторинних відстійників поз.33/13,14, для розділення активного мула і очищеної рідини. Активний мул, що осів зливається в гасильну камеру, звідки рециркуляційний мул ерліфтами подається в аеротенк поз.31/13,32/14, а надлишковий активний мул поступає а аеробний стабілізатор поз.64. Час відстоювання становить 2,5 години.

Очищені і освітлені стічні води після відстійника поз.33/13,14 по трубопроводу діаметром 700 мм і далі по каналу відводяться прямо на фільтрувальну станцію поз.45 або через буферні ставки для доочистки та хлорування [14].

## **5 ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ БІОЛОГІЧНОЇ ОЧИСТКИ СТІЧНИХ ВОД В УМОВАХ СЕЗОННИХ ЗМІН ТЕМПЕРАТУРИ**

### **5.1 Вплив зовнішніх факторів на керування біохімічних процесів очищення стічних вод**

Згідно з аналізом літературних даних було виявлено, що класичні базові моделі очистки стічних вод не відображають залежність ходу процесу очищення від температури. На сьогодні відомі роботи вчених Моно, Холдейн, Кенейл, які вдосконалювали математичні моделі і врахували параметр температури навколишнього середовища. Вони визначили, що для кожної з моделей температурний режим впливає і ці розрахунки можуть бути покладені в основу оптимізації процесу очищення стічних вод. При управлінні процесами біологічного очищення в залежності від температури може бути підвищена його ефективність.

В даний час для біологічного очищення стічних вод з використанням активного мулу використовуються математичні моделі різного ступеня складності і адекватності реальним процесам [1-6]. Серед них виділяються базові моделі, доступні для аналітичних досліджень з метою виявлення основних властивостей і закономірностей, властивих біохімічних процесів очищення [7, 8]. Як правило, це нелінійні моделі 2-го і 3-го порядків. Недолік відомих базових моделей полягає в тому, що вплив зовнішніх факторів (наприклад, температури навколишнього середовища) в них не враховується [9, 10].

Вплив температури навколишнього середовища на швидкість біологічних процесів.

Швидкість зростання мікроорганізмів описується рівнянням Моно [1]:

$$\mu = \mu_{\max} C_c / (C_c + K_c),$$

де  $C_c$  - концентрація субстрату;

$K_c$  - константа напівнасичення;

$\mu_{\max}$  – максимальна питома швидкість росту.

Як показали дослідження [2-4], залежність швидкості росту  $\mu_{\max}$  біологічного процесу від температури  $\theta$  описується рівнянням Вант-Гоффа:

$$\mu_{\max} = \mu_{\max}^{20^\circ\text{C}} e^{\gamma(\theta-20)},$$

де  $\mu_{\max}^{20^\circ\text{C}}$  - максимальна питома швидкість росту біомаси мулу при температурі  $20^\circ\text{C}$ ;

$\gamma$  – температурний коефіцієнт.

Модель Моно характеризує зростання біомаси активного мулу при лімітуючому моносубстраті. З урахуванням температурного чинника математична модель Моно описується наступною системою диференціальних рівнянь [4]:

$$\frac{dC_n}{dt} = -\frac{C_n}{T} + \frac{\mu_{\max}^{20^\circ\text{C}} e^{\gamma(\theta-20)} C_c C_n}{K_c + C_c};$$
$$\frac{dC_c}{dt} = \frac{C_c^{\text{вх}} - C_c}{T} - \frac{\mu_{\max}^{20^\circ\text{C}} e^{\gamma(\theta-20)} C_c C_n}{Y(K_c + C_c)},$$

де  $C_n$  - концентрація мулу;

$C_c^{\text{вх}}$  - вхідна концентрація субстрату;

$Y = C_n / C_c$  - коефіцієнт трансформації субстрату в мул;

$T$  - період аерації.

При моделюванні передбачається, що константи  $K_c$  і  $Y$  не залежить від температури.

Температурний режим змінюється шляхом поступового збільшення і зниження температури до заданих значень. Дослідження моделей проводилося при чотирьох температурних режимах, параметри яких наведені в таблиці.

За номером температурного режиму	Зростання температури	Спадання температури
1	Від 10 до 20	До 10
2	Від 10 до 30	До 10
3	Від 20 до 30	До 20
4	Від 20 до 40	До 20

При моделюванні процесів були прийняті наступні значення параметрів:

$$Y = 0,55;$$

$$\mu_{\max}^{20^{\circ}\text{C}} = 0,69 \text{ ч}^{-1};$$

$$K_c = 29 \text{ ч}^{-1};$$

$$\gamma = 0,1;$$

обсяг субстрату, що подається на вхід біореактора,  $Q_{\text{вх}} = 7 \text{ м}^3 / \text{ч}$ ;

об'єм реактора  $V = 100 \text{ м}^3$ .

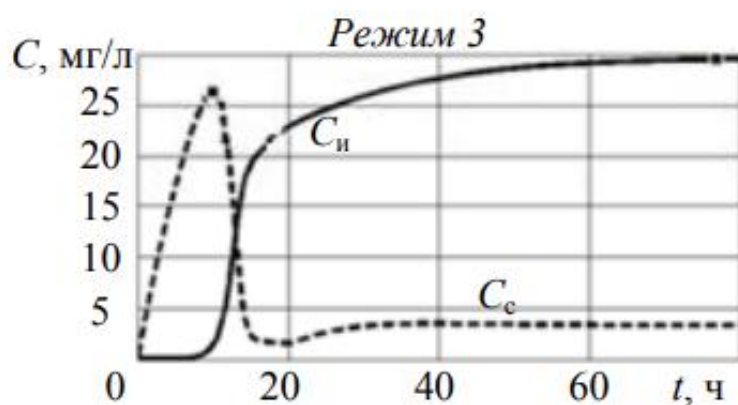
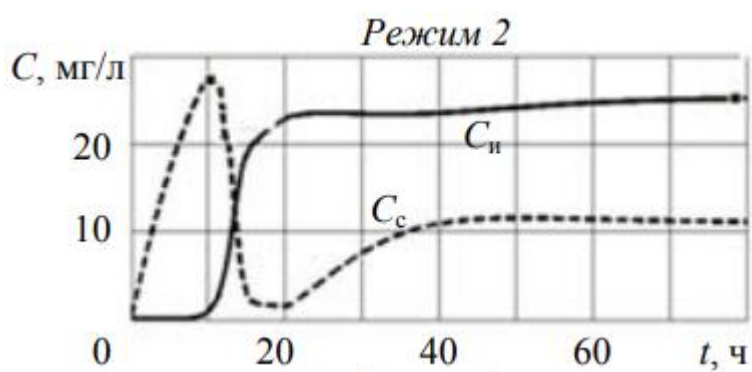
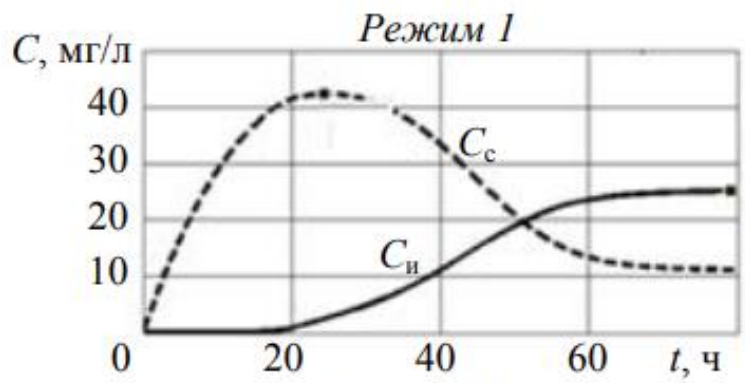
На рис. 1 і 2 показані перехідні процеси концентрацій субстрату  $C_c(t)$  і мулу  $C_n(t)$  при зниженні температури в моменти часу 1

$t_1 = 20$  год і  $t_2 = 30$  год відповідно.

При використанні низькотемпературного режиму 1 біопроцеси найбільш чутливі до моменту зниження температури. При зниженні температури в більш пізній момент часу  $2t$  біомаса виростає, що дозволяє забезпечити краще очищення. В інших режимах при зниженні температури в певні моменти спостерігається подібний вплив, оскільки при більш високих температурах мікроорганізми ростуть швидше. При цьому тенденція зростання біомаси в разі більш тривалого підтримання високої температури зберігається (на 6% більше), час формування процесів знижується на 16%.

При підвищенні температури до 40 °С максимальне значення  $C_c$  знижується в 1,5 рази. Таким чином, діапазон сприятливих для біологічної очистки температур зводиться до режиму 4.

$$t_1 = 20 \text{ год}$$





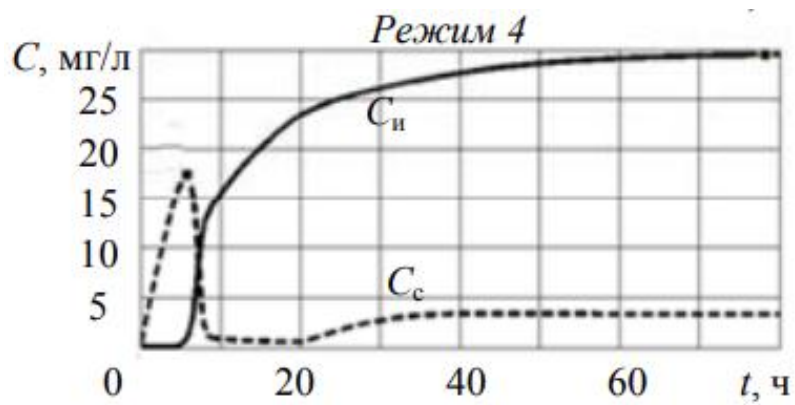
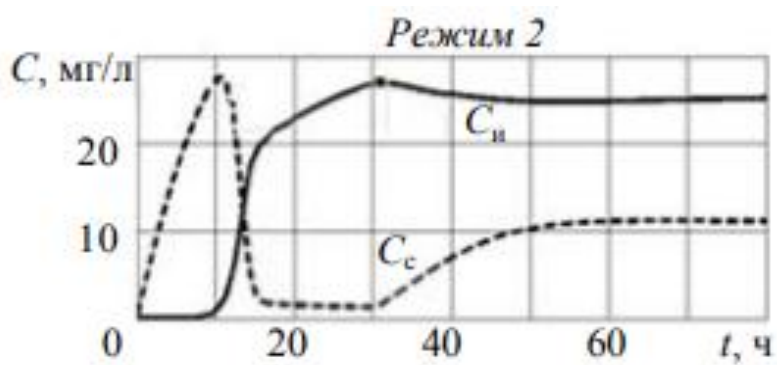
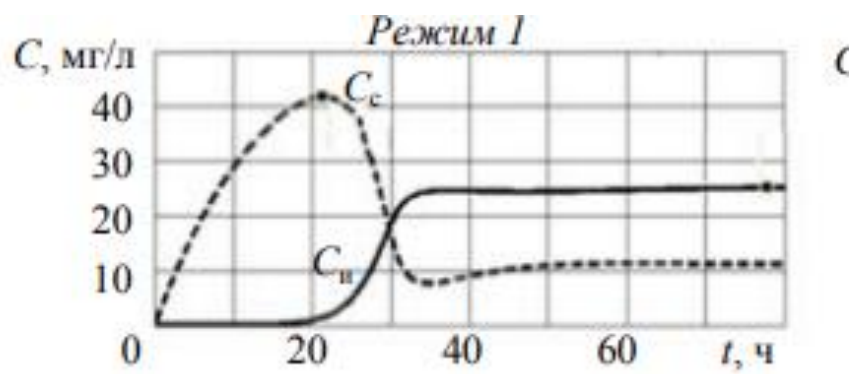


Рис.1

$t_1 = 30 \text{ год}$



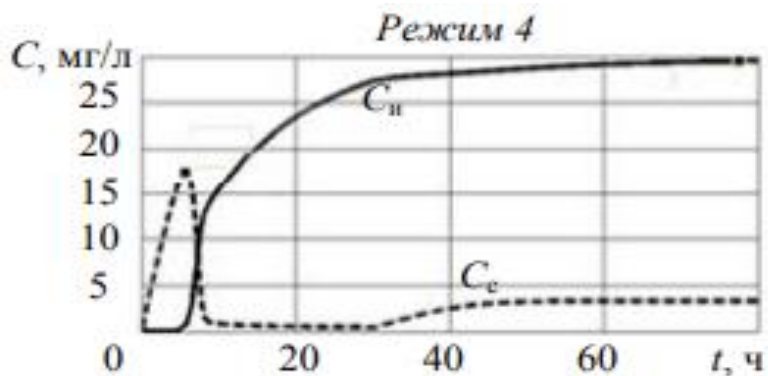
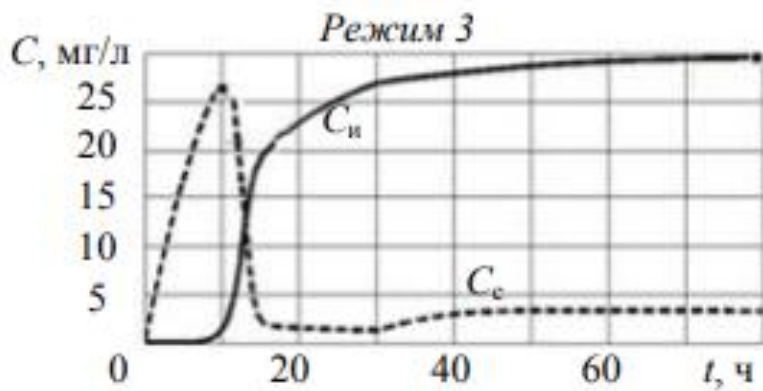


Рис.2

Модель Холдейна характеризує кінетику біопроцесів з урахуванням що пригнічують властивостей субстрату і описується системою диференціальних рівнянь [5]:

$$\frac{dC_{\text{н}}}{dt} = -\frac{C_{\text{н}}}{T} + \frac{\mu_{\text{max}}^{20^{\circ}\text{C}} e^{\gamma(\theta-20)} C_{\text{с}} C_{\text{н}}}{K_{\text{с}} + C_{\text{с}} + C_{\text{с}}^2 / K_{\text{i}}},$$

$$\frac{dC_{\text{с}}}{dt} = \frac{C_{\text{с}}^{\text{вх}} - C_{\text{с}}}{T} - \frac{\mu_{\text{max}}^{20^{\circ}\text{C}} e^{\gamma(\theta-20)} C_{\text{с}} C_{\text{н}}}{Y(K_{\text{с}} + C_{\text{с}} + C_{\text{с}}^2 / K_{\text{i}})},$$

де  $K_{\text{i}}$  - константа інгібування, дорівнює  $10K_{\text{с}}$ .

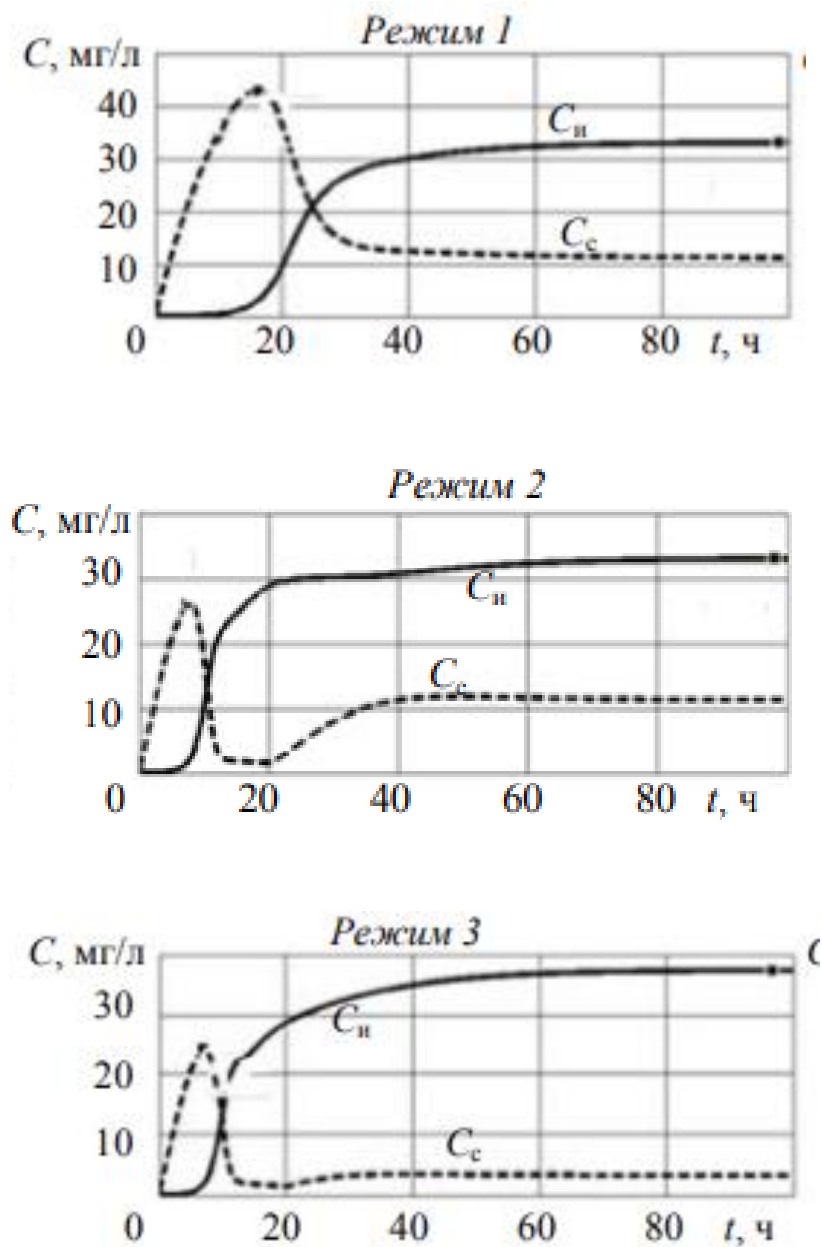
На рис. 3 і 4 показані процеси з  $C_{\text{с}}(t)$  і  $C_{\text{н}}(t)$  при зниженні температури в моменти часу  $t_1 = 20$  год і  $t_2 = 30$  год відповідно. Примітно, що максимальні значення  $C_{\text{н}}$  на 12% вище, ніж для моделі Моно при режимах 3 і 4.

Іншими словами, сприятлива температурне середовище в цьому випадку певною мірою нейтралізує інгібуючий вплив субстрату.

При цьому на 18% в порівнянні з моделлю Моно збільшується час встановлення значення  $C_i$  при режимах 3, 4 і на 42% - при режимах 1, 2.

Рис.3

$t_1 = 20$  год



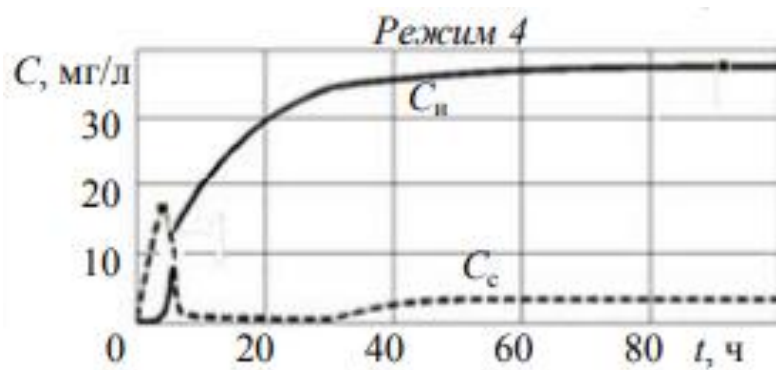
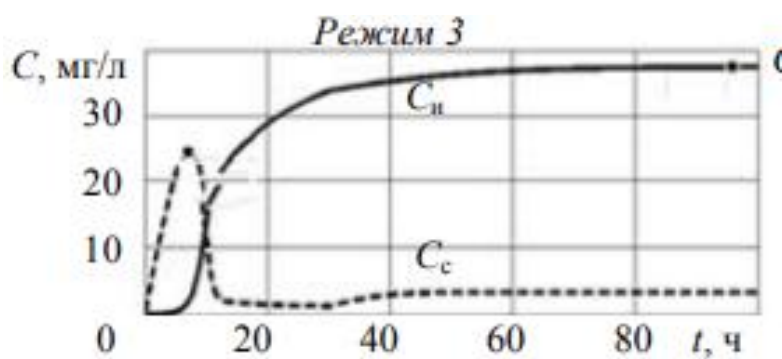
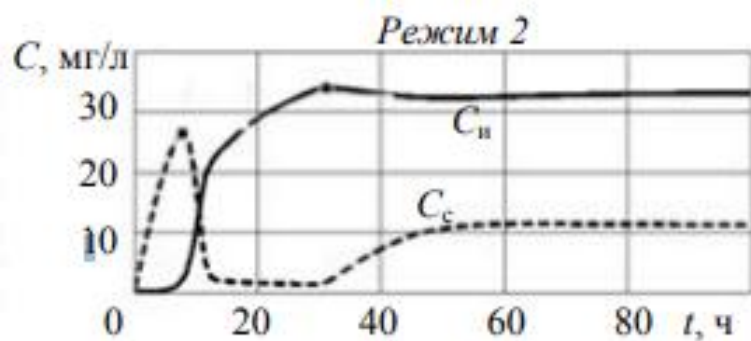
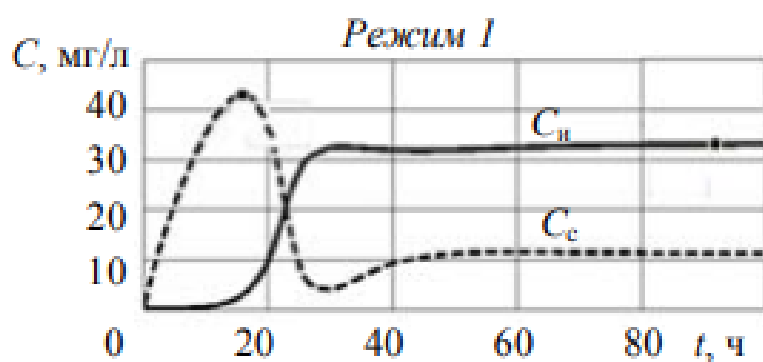
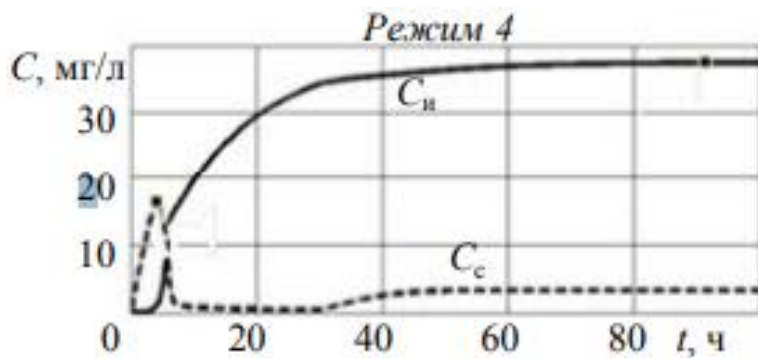


Рис.4

$t_1 = 30 \text{ год}$





Модель Кенейла описує процес зростання активного мулу, що складається з бактерій і найпростіших, в умовах поглинання субстрату. При моделюванні приймалися такі допущення: активний мул - сукупність чистих культур бактерій і найпростіших; вплив температури на швидкість подачі кисню і ефект насичення найпростіших не враховуються.

Модель Кенейла з урахуванням температурного чинника представляється як [6]

$$\frac{dC_c}{dt} = \frac{C_c^{bx} - C_c}{T} - \frac{\mu_{max}^{20^\circ C} e^{\gamma(\theta-20)} C_c C_b}{Y(K_c + C_c)},$$

$$\frac{dC_b}{dt} = -\frac{C_b}{T} + \frac{\mu_{max}^{20^\circ C} e^{\gamma(\theta-20)} C_c C_b}{K_c + C_c} - \frac{f_{max}^{20^\circ C} e^{\gamma(\theta-20)} C_n C_b}{g(K_b + C_b)},$$

$$\frac{dC_n}{dt} = -\frac{C_n}{T} + \frac{f_{max}^{20^\circ C} e^{\gamma(\theta-20)} C_n C_b}{g(K_b + C_b)},$$

де  $C_b$  - концентрація бактерій;

$C_n$  - концентрація найпростіших;

$K_b$  - константа напівнасичення бактерій;

$f_{max}^{20^\circ C}$  - максимальна швидкість росту бактерій при  $20^\circ C$ ;

$g$  - коефіцієнт трансформації бактерій в найпростіші.

Моделювання проводилося

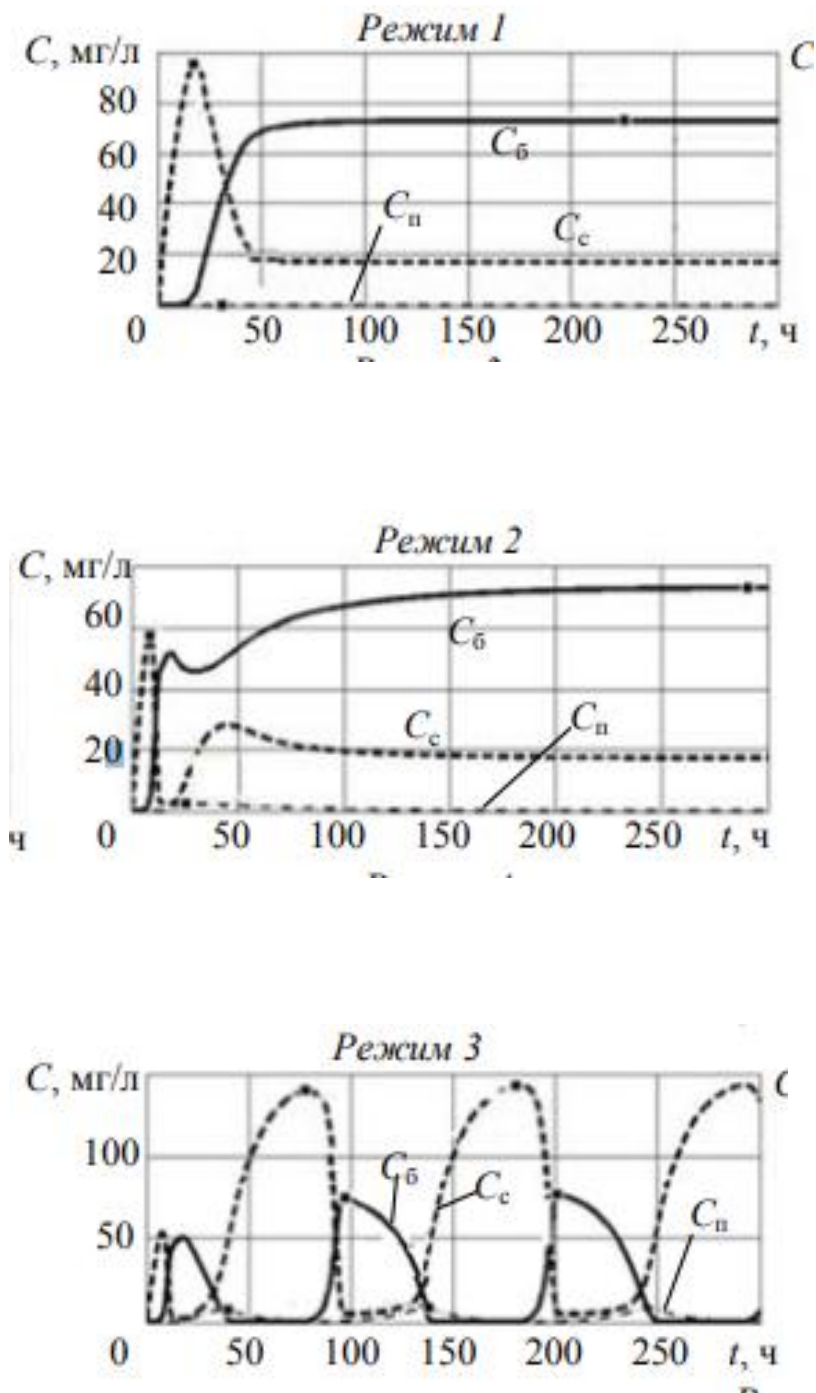
$$\mu_{max}^{20^\circ C} = 0,49 \text{ ч}^{-1}, \quad f_{max}^{20^\circ C} = 0,15 \text{ ч}^{-1}, \quad Y = 0,55, \quad K_c = 29 \text{ ч}^{-1},$$

$$K_b = 8 \text{ ч}^{-1}, \quad T = 15 \text{ ч}, \quad g = 0,15$$

На рис. 5 і 6 наведені перехідні процеси  $C_c(t)$ ,  $C_b(t)$  і  $C_n(t)$  при зменшенні температури в моменти часу  $t_1 = 20$  год і  $t_2 = 30$  год відповідно.

Рис.5

$t_1 = 20$  год



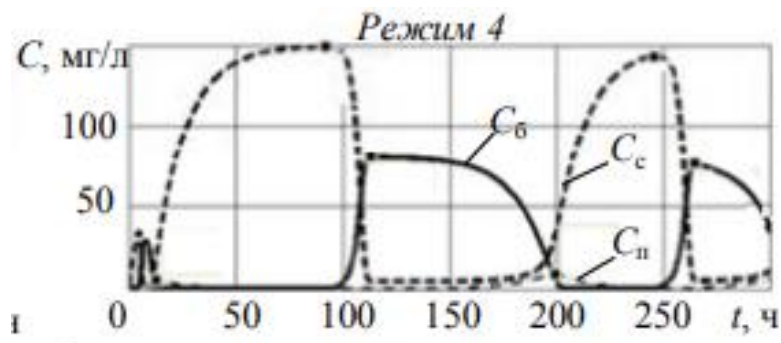
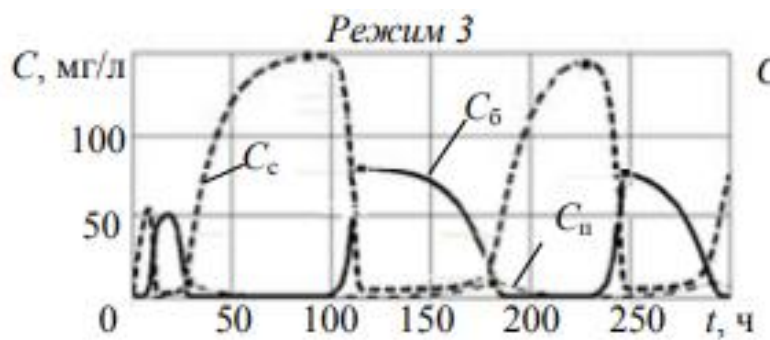
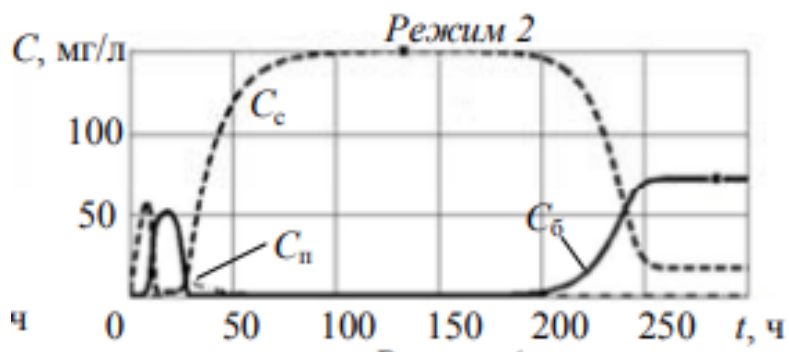
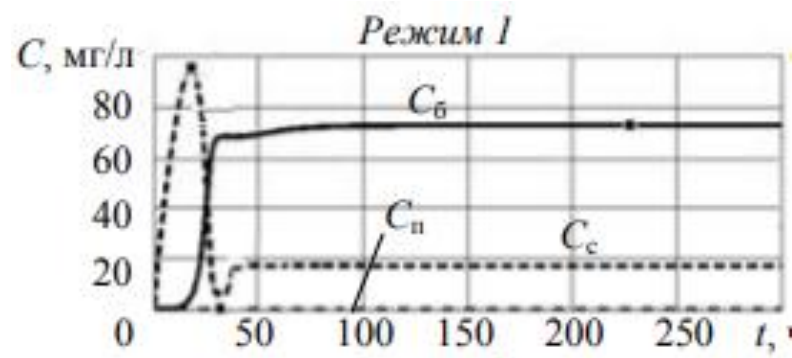
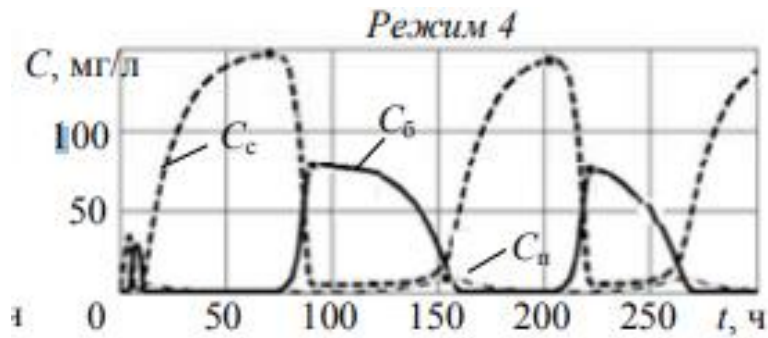


Рис.6

$t_1 = 30 \text{ год}$





Аналіз графіків показує, що негативний вплив температури особливо проявляється при режимах 3 і 4. Навпаки, найкраще очищення забезпечується при режимі 1. Режим 2 чутливий до моменту зниження температури і при  $t = 30$  год процеси носять коливальний характер. Найбільше значення  $C_c$  збільшилося на 62%, при цьому найбільше значення  $C_b$  змінилося несуттєво. При режимах 3 і 4 процеси характеризуються коливаннями, що відповідає стану моделі "хижак - жертва", причому з підвищенням температури період коливань збільшується. Таким чином, можна зробити висновок, що при більш складному складі мулу вплив температури виявляється нелінійно. Існує вузький діапазон, в якому забезпечується оптимальне зростання кожної з культур.

Аналіз показав значну чутливість базових моделей до змін температури зовнішнього середовища. Для кожної з моделей були виявлені температурні режими, на яких досягається найкращий рівень очищення. Отримані результати можуть бути використані при розробці моделей більш високого порядку, а також покладені в основу при управлінні температурою з метою підвищення ефективності біоочищення.

## 5.2 Вплив температури на ефективність процесу

### нітри-денітрифікації

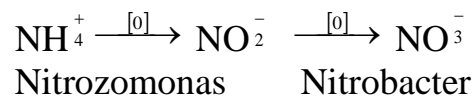
В результаті діяльності комунальних господарств, підприємств азотної промисловості в поверхневі водойми зі стічними водами можуть потрапляти такі високотоксичні з'єднання неорганічного азоту як аміак, нітрити, нітрати. Надходження азотних забруднень у водойму з недостатньо очищеними



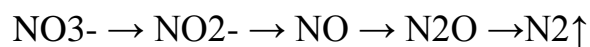
стічними водами може надати токсичну дію на гідробіонтів, привести до розмноження синьо-зелених водоростей і викликати явище евтрофікації

Традиційно очищення стічних вод від азотвмісних речовин проводиться методом біохімічної нітри-денітрифікації мікроорганізмами активного мулу. Біологічну нітрифікацію здійснюють бактерії-автотофи, яким вуглець необхідний в неорганічній формі (вуглекислота, карбонати, бікарбонати).

Першу фазу нітрифікації - окислювання  $\text{NH}_4^+$  до  $\text{NO}_2^-$  здійснюють бактерії, що відносяться до роду *Nitrosomonas*, другу фазу - окислення  $\text{NO}_2^-$  до  $\text{NO}_3^-$  бактерії, що відносяться до роду *Nitrobacter* [36, с.29].



Процес мікробіологічної денітрифікації (діссиміляційної нітратредукції) полягає у відновленні сапрофітними мікроорганізмами азоту нітратів до молекулярного азоту за участю ферментів нітратредуктази [37, с.58]. Це складний багатоступінчастий процес, що протікає за схемою:



Денітрифікуючі бактерії активного мулу представлені родами *Pseudomonas* sp., *Acrobacterium* sp., *Micrococcus* sp. і ін. При відсутності у воді розчиненого кисню вони можуть використовувати для дихання кисень, що міститься в нітриті і нітратах. Бактерії-денітрифікатори є гетеротрофами і представляють групу факультативних анаеробів.

До числа факторів, що впливають на ефективність вилучення забруднюючих речовин, можна віднести кількість субстрату, концентрацію кисню, температуру, рН, вік мулу, наявність токсичних речовин.

Оптимальною температурою для біохімічних процесів, що відбуваються в очисних спорудах, вважається 20-30°C, при ній біоценоз представлений найбільш різноманітними і добре розвиненими мікроорганізмами.

Мікроорганізми по відношенню до оптимальних діапазонів температур умовно поділяють на три великі групи:

- 1) психрофіли, розвиваються при температурі 10-15°C;

2) термофільні мікроорганізми, ростуть при 35-700С; оптимальної для їх розвитку температурою є 50-600С;

3) мезофільні мікроорганізми, складові проміжну групу, мають температурний оптимум 25-370С [38, с.20].

Мікроорганізми, складові активний мул, можуть функціонувати і проявляти високу активність в широкому інтервалі температур.

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

При зниженні температури навколишнього середовища швидкість окислювально-відновних процесів в бактеріальній клітці знижується. Отже, зменшується потреба мікроорганізмів в кисні. При зниженні температури на 100С від оптимальних значень швидкість біохімічних процесів знижується в 1,5-2 рази.

Метою цього дослідження було проведення аналізу ефективності вилучення азотовмісних забруднюючих речовин в залежності від температури в цеху Нейтралізації і очищення стічних вод (НОПС) на ПрАТ «Сєвєродонецьке об'єднання Азот».

В даний час на очистку в цех НОПС надходить близько 15000 м<sup>3</sup> / добу комунальних та міських стічних вод. Кількість промислових стічних вод, в зв'язку зі зниженням потужності підприємства, незначно.

Нами проаналізовані дані лабораторного контролю в потрапляючих на біологічне очищення і очищених стічних водах за показником ХСКбіхр, азот амонійний N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> і азот нітратний N-NO<sub>3</sub> - за період з грудня 2015р по жовтень 2016р. (Табл.1).

Вміст проміжної форми трансформації сполук азоту N-NO<sub>2</sub>- мінімально як до очищення, так і після неї. Тому, концентрація N-NO<sub>2</sub>- в даному дослідженні не враховувалася. Поява істотної кількості нітритів свідчить про нестабільність процесу і характерно для ситуацій зі зміною навантаження, режимом «пуск-зупинка» і ін. [39, с.117].

В ході досліджень температура мулової рідини змінювалася від 9-120С в зимові місяці, та до 20-230С - в літні. Температура 20-250С є оптимальною для аеробних процесів очищення [36, с.21], тобто для нітрифікації.

Дані в таблиці ранжовані за значеннями температури від мінімального до максимального. У таблиці представлені розрахункові дані ефективності вилучення забруднювачів.

Таблиця 5.1

Характеристика вступників та очищених стічних вод по основних забруднюючих компонентів

№ п/ч	Т, °С	місяць	Вхід, мг/дм <sup>3</sup>			Вихід, мг/дм <sup>3</sup>			Ступень очистки, %		
			ХСК	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	ХСК	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	ХСК	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
1	9,3	січень	220,6	44,1	6,3	29	2,3	23,8	86,9	94,8	48,2
2	12,6	грудень	251,2	46,9	4,9	30	2,1	29,9	88,1	95,5	38,2
3	12,6	лютий	232,6	43,5	6,6	26,7	3,6	22,7	88,5	91,7	47,5
4	14,6	березень	237,3	44,9	4,2	29,2	3,8	21,2	87,7	91,5	49,1
5	15,9	квітень	260,8	51	2,2	24,9	4,6	10,8	90,5	91	71,1
6	17,2	жовтень	247,8	48,9	1,6	23,8	3,1	8,8	90,3	93,7	76,4
7	20,1	вересень	246,1	49,1	2,0	22,0	1,6	8,9	91,1	96,7	79,5
8	21,5	червень	242,3	51,2	4,1	27,2	3,5	10,2	88,8	93,2	75,2
9	23,7	серпень	234,7	47,7	3,9	24,4	1,2	8,7	89,6	97,5	80,8

За розрахованими значеннями ефективності очищення забруднюючих речовин при різній температурі з використанням програми MS Excel нами визначені рівняння регресії, величина достовірності апроксимації (R<sup>2</sup>) і

коефіцієнт кореляції Пірсона (r) для лінійної функції [40, с.187].

Таблиця 5.2

Показники зв'язку між ефективністю очищення і температурою

Показники	Рівняння регресії	Коефіцієнт достовірності апроксимації	Коефіцієнт кореляції Пірсона
XCK <sub>бихр</sub>	$y = 0,345x + 87,3$	$R^2 = 0,45$	0,64
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	-	-	-
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	$y = 6x + 33,6$	$R^2 = 0,8$	0,99

Для двох з проаналізованих показників - XCK<sub>бихр</sub> і N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> визначено наявність прямої лінійної зв'язку зі значеннями температури з високим ступенем кореляції (табл.2).

Рівняння регресії мають лінійний вигляд. Максимальні значення коефіцієнта Пірсона, коефіцієнта достовірності апроксимації виявлені для азоту нітратів і вони рівні 0,8 і 0,99 відповідно (Рис. 1).

Це свідчить про високий ступінь залежності процесу денітрифікації від температури. У досліджуваному діапазоні з збільшення температури якість очищення стічних вод від азоту нітратів збільшується.

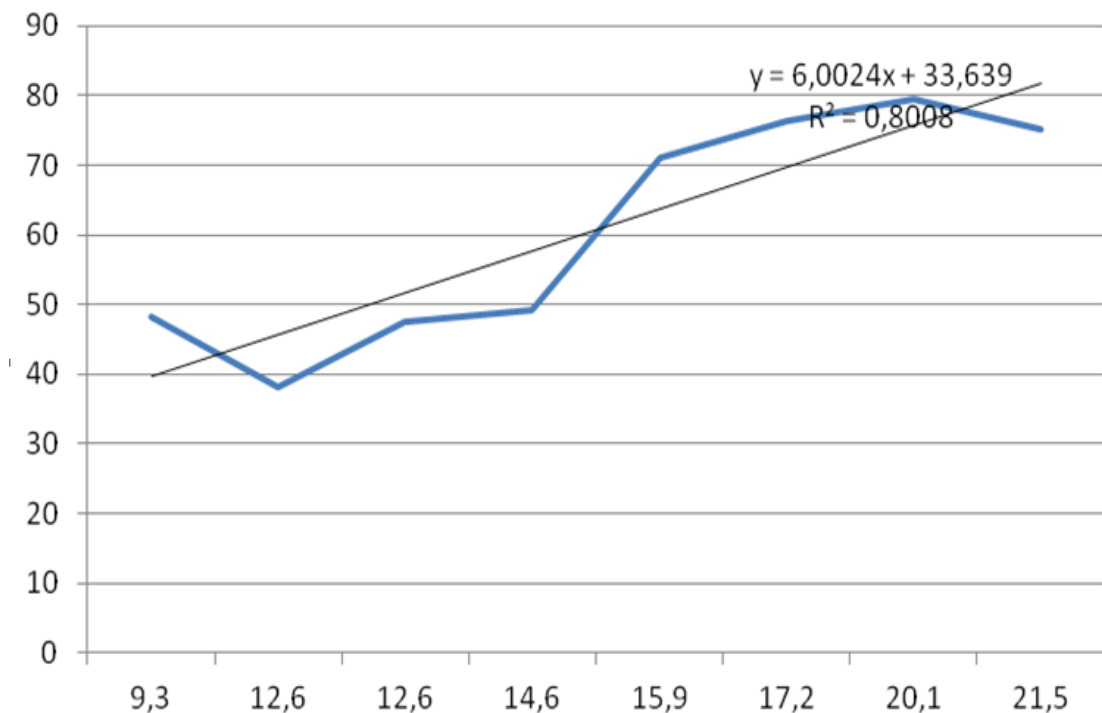


Рис.1 Крива залежності ступеня видалення N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> від температури.

Незважаючи на те, що в літературі є відомості про максимальної чутливості до температури процесу нітрифікації [38, с.20], нами залежності

між ефективністю вилучення азоту амонійного від температури не виявлено. Можливо, це пов'язано з тим, що визначальним фактором для процесу нітрифікації, в даному випадку була концентрація кисню.

Ефективність процесу нітрифікації за весь досліджений період була досить високою, і відповідала значенням вище 90% (табл. 1). Концентрація розчиненого кисню в аеротенках становила в середньому 2-4 мг / дм<sup>3</sup>. Крім того, залежність ефективності процесів біохімічної трансформації сполук азоту від температури в ході очищення стічних вод може бути пов'язана з впливом цілого комплексу супутніх чинників.

## **6 РОЗРАХУНОК МАТЕРІАЛЬНОГО БАЛАНСУ ТА ОСНОВНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ**

### **6.1 Розрахунок матеріального балансу процесу**

Вихідні дані для розрахунку матеріального балансу процесу біологічної очистки стічних вод використані з регламентних даних та наведені в таблиці 6.1

Назва стадії та потоків реагентів	Назва параметру та одиниця вимірювання	Номінальне значення з допустимим відхиленням або діапазон регулювання	Границі допустимих значень параметрів
Стічні води на механічну очистку II черги в т.ч. : Побутові та промислові стічні води м. Сєверодонецьк	Об'ємна витрата, м <sup>3</sup> /год(м <sup>3</sup> /доб)	1500±450 (36000±10800)	
	Температура, °С		Не більше 40
	Прозорість, см		0
	Запах, бали		Не більше 5ф
	Кольоровість, умовні градуси		Не більше 69
	Водний показник, рН	6,5÷8,5	
	ХСК, мг О <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>		Не більше 250
	БСК <sub>5</sub> , мг О <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>		Не більше 190
	Масова концентрація,		Не більше :

	мг/дм <sup>3</sup> :		
	азота амонійного		27
	азота нітритного		0,5
	азота нітратного		0,5
	фосфатів		7

Продовження табл.6.1

Назва стадії та потоків реагентів	Назва параметру та одиниця вимірювання	Номінальне значення з допустимим відхиленням або діапазон регулювання	Границі допустимих значень параметрів
Стічні води на механічну очистку II черги в т.ч. : Побутові та промислові стічні води м. Северодонецьк	хлоридів		96
	сульфатів		221
	сухого залишку		820
	зважених речовин		185
	СПАР		0,39
	нафтопродуктів		0,1
	міді		0,028
	цинку		0,068
	нікелю		0,054
	свинцю		0,0008
	заліза		0,583
	хрому <sup>+3</sup>		0,016
	хрому <sup>+6</sup>		0,016
	алюмінію		0,015
	Рівень піску в кінчній частині пісколовки, м		-0,9 ÷ - 1,3 (візуальний контроль)
Тиск, МПа		0,21÷0,4	

Для розрахунку використовували дані, що наведені у таблиці 6.2:

Таблиця 6.2

Вихідні дані для розрахунку матеріального балансу процесу біологічної очистки стічних вод II черги

Показники	Одиниці вимірювання	Склад стічних вод до очистки	Склад стічних вод після очистки
XCK <sub>біхр</sub>	мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	250	95
БСК <sub>повн.</sub>	мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	190	18,6
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	27	1,3
N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	0,5	0,2
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	0,5	9,4*
Фосфати	мг/дм <sup>3</sup>	7	2,8
Зависла речовина	мг/дм <sup>3</sup>	185	20
Кількість стічних вод	м <sup>3</sup> /добу	33000	

(\*звеличення кількості азоту нітратного за рахунок окислення азоту

амонійного та нітратного)

Розрахунок ведеться з урахуванням 75% БСК<sub>повн.</sub>

1. Розрахунок валової кількості забруднюючих речовин в стічних водах, що надходять на очистку, на добу:

$$\text{XCK: } 33000 \cdot 250 = 8250 \text{ кг}$$

$$\text{БСК: } 33000 \cdot 190 = 6270 \text{ кг}$$

$$\text{Фосфати: } 33000 \cdot 7 = 231 \text{ кг}$$

$$\text{Зважені речовини: } 33000 \cdot 185 = 6105 \text{ кг}$$

- Азот амонійний  $33000 \cdot 27 = 891 \text{ кг}$
- Азот нітритний  $33000 \cdot 0,5 = 16,5 \text{ кг}$
- Азот нітратний  $33000 \cdot 0,5 = 16,5$
- Розрахунок валової кількості забруднюючих речовин в стічних водах, що пройшли очистку, на добу:

$$\text{XCK: } 33000 \cdot 95 = 3135 \text{ кг}$$

$$\text{БСК: } 33000 \cdot 18,6 = 613,8 \text{ кг}$$

$$\text{Фосфати: } 33000 \cdot 2,8 = 92,4 \text{ кг}$$

$$\text{Зважені речовини: } 33000 \cdot 20 = 660 \text{ кг}$$

$$\text{Азот амонійний } 33000 \cdot 1,3 = 42,9 \text{ кг}$$

$$\text{Азот нітритний } 33000 \cdot 0,2 = 6,6 \text{ кг}$$

Азот нітратний  $33000 \cdot 9,4 = 310,2$  кг

- Розрахунок кількості азоту, що використовується мікроорганізмами як біогенний :

$$\frac{8360 \cdot 5}{100} = 418 \text{ кг}$$

- Розрахунок ефекту очистки :

$$E = \frac{M_{ВХ} - M_{ВИХ}}{M_{ВХ}} * 100\%$$

ХСК: 62%

БСК<sub>5</sub>: 90,2%

Фосфати: 60%

Зважені речовини: 89,1%

Азот амонійний: 95,1%

Азот нітритний: 60%

Азот нітратний: неможливо розрахувати, адже кількість збільшилась за рахунок процесу нітрифікації.

Азот амонійний  $33000 \cdot 27 = 891$  кг

Азот нітритний  $33000 \cdot 0,5 = 16,5$  кг

Азот нітратний  $33000 \cdot 0,5 = 16,5$  кг

Таблиця 6.3

Таблиця матеріального балансу процесу біологічної очистки побутових стічних вод міста Сєверодонецьк.

Речовина	Прихід, кг	Витрата, кг		Ефект очистки, %
		Вихід, кг	Витягнуто, кг	
ХСК	8250	3135	5115	62
БСК <sub>повн</sub>	6270	613,8	5656,2	90,2
Фосфати	231	92,4	138,6	60



Зважені речовини	6105	660	5445	89,1
Азот амонійний	891	42,9	848,1**	95,1
Азот нітритний	16,5	6,6	9,9	60
Азот нітратний	16,5	310,2	-293,7**	****
Всього	21780	21780		

Примітка :

\*\* - в тому числі використано як біогенний 418кг, окислилось до  $N-NO_3^-$  (азоту нітратного) 293,7 кг.

\*\*\* - збільшилось в ході процесу нітрифікації.

\*\*\*\* - ефект очистки від азоту нітратного неможливо розрахувати, адже кількість збільшилась за рахунок процесу нітрифікації.

Згідно матеріального балансу максимальний ефект вилучення органічних речовин склав 90,2% за показником  $BCK_{повн}$ , а також висока ефективність вилучення азоту амонійного, вона становить 95,1%.

## 6.2 Розрахунок окислювальної потужності

Окислювальна потужність аеротенка (ОП) – це кількість знятого  $BCK(г)$  з одиниці об'єму ( $м^3$ ) аеротенка за добу:

$$ОП = \frac{(L_H - L_K)Q}{V}$$

Де:

ОП – окислювальна потужність;

$L_H$  -  $BCK_{повн}$ , що надходить в аеротенк суміші,  $г/м^3$ ;

$L_K$  –  $BCK_{повн}$ , що виходить з аеротенку очищеної води,  $г/м^3$ ;

Q – добова витрата стічних вод,  $м^3/доб$ ;

V- об'єм аеротенка,  $м^3$ .

$$ОП = \frac{(253,3 - 18,6) \times 33000}{33000} = 234,7 (м^3)$$

Окислювальна потужність складає  $247,3 гBCK_{повн} / м^3 / доб$

### 6.3 Розрахунок навантаження на мул

Навантаження на мул  $q_i$ , мг БСК<sub>повн.</sub>. На 1 г беззольної речовини мула на добу, належить розраховувати за формулою:

$$q_i = \frac{24(L_{en} - L_{ex})}{\alpha_i(1 - s)t_{at}}$$

Де:

$L_{en}$  - БСК<sub>повн.</sub>, стічних вод, що надходить в аеротенк, мг/л;

$L_{ex}$  - БСК<sub>повн.</sub>, очищеної води, мг/л ;

$\alpha_i$  - доза мулу, г/л ;

$S$  - зольність мулу ;

$t_{at}$  - період аерації, год.

$$q_i = \frac{24 \times (253.3 - 18.6)}{3 \times (1 - 0.3) \times 24} = 111.76$$

Навантаження на мул складає 111,8 мг/г/доб

### 6.4 Розрахунок питомої витрати повітря.

Питома витрата повітря  $q_{air}$ , м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> води, що очищується, при пневматичній системі аерації розраховують за формулою :

$$q_{air} = \frac{q_0(L_{en} - L_{ex})}{K_1 K_2 K_T K_3 (C_a - C_0)}$$

$L_{en}$  - кількість забруднень по БСК<sub>повн.</sub>, що надходять зі стічними водами мг О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>;

$L_{ex}$  - кількість з забруднень за БСК<sub>повн.</sub> виходять з очищеною стічною водою, мг О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>;

$q_0$  - питома витрата кисню повітря приймаємо 0,9

$K_1$  - коефіцієнт враховує тип аератора і прийнятний для середне пазирчастої аерації:  $K_1=0,75$ ;

$K_2$  - коефіцієнт, який залежить від глибини занурення аератора, що приймається:  $K_2 = 2,52$ ;

$K_T$  – коефіцієнт враховує температуру стічних вод і визначається за формулою:

$$K_T = 1 + 0,02 (T_w - 20)$$

$T_w$  – середньомісячна  $t^0$  води за літній період,  $^0C$ .  $T_w = 22^0C$

$$K_T = 1 + 0,02 * (22 - 20) = 1,04$$

$K_3$  – коефіцієнт якості води, який приймається для побутових стічних вод:  $K_3 = 0,89$ .

$C_a$  – розчинність кисню у воді, мг/л, розраховують так:

$$C_a = \left[ 1 + \frac{h_a}{20.6} \right] C_T$$

$C_T$  – розчинність кисню у воді, знаходимо за таблицею:  $C_T = 8,83$  мг/л

$h_a$  – глибина занурення аератора, м

$C_0$  – середня концентрація кисню в аеротенках,  $C_0 = 2$  мг/л

Інтенсивність аерації  $J_a$ ,  $m^3/(m^2ч)$ , необхідно визначати за формулою:

$$J_a = \frac{q_{air} H_{at}}{t_{at}}$$

Де,

$H_{at}$  – робоча глибина аеротенка, м;

$t_{at}$  – період аерації, год.

Вихідні дані для розрахунку:

Таблиця 6.4

Назва параметру	Кількість
$L_{en}$	253.3
$L_{ex}$	18.6
$q_0$	1.1
$K_1$	0.75
$K_2$	2.25
$K_T$	2.04

$T_w$	22
$K_3$	0.89
$h_a$	4 м
$C_T$	8,83

1.  $=1+0,02(T_w-20)=1+0,02 \times (22-20)=2,04$

2. Розрахунок питомої витрати повітря :

$$q_{air} = \frac{1,1 \times (253,3 - 18,6)}{0,75 \times 2,25 \times 2,04 \times 0,89 \times (10,545 - 2)} = 8,805 \text{ (м}^3\text{/м}^3\text{)}$$

3. Розчинність кисню у воді (мг/л) :

$$C_a = \left(1 + \frac{h_a}{20,6}\right) \times C_T = \left(1 + \frac{4}{20,6}\right) \times 8,83 = 10,545$$

4. Період аерації :

$$t_{at} = V_{aerotenka} \times \text{Потужність} = 33000 \times 30000 = 1 \text{ доба}$$

5. Інтенсивність аерації :

$$J_a = \frac{q_{air} N_{at}}{t_{at}} = \frac{8.805 \times 4}{24} = 1.4675$$

6. Розрахунок загальної витрати повітря (Q) :

$$Q = 33000 \times 8,805 = 290565 \text{ (м}^3\text{/доб)}$$

Очисні споруди каналізації, як правило, розраховуються на температуру стічної рідини, яка надходить в приймальну камеру без урахування її охолодження або нагрівання в ході очищення в відкритих спорудах: первинних відстійниках, аеротенках та вторинних відстійниках. У математичних моделях, які в даний час використовуються для розрахунку споруд механічної та

біологічної очистки, температура стічної рідини є одним з найважливіших показників, що впливає на ефективність очищення.

Конструкції споруд біологічного очищення (БХО) ПрАТ «Об'єднання Азот» є відкритими і в повній мірі залежать від кліматичних факторів. Коливання температур в спорудах в літку відбувається в діапазоні 20-25<sup>0</sup> С, взимку досягає мінімуму – 8-12<sup>0</sup> С. Щоб витримувати високу ефективність очищення стічних вод при різних температурних режимах, нами запропоновані так звані «літні» та «зимові» технологічні параметри. Корекції в залежності від температури підлягають такі параметри як концентрація розчиненого кисню, питома витрата повітря та деякі інші.

У зимовий період розчинення кисню у воді вище, а метаболічні процеси мікроорганізмів йдуть повільніше, потужність біологічного окислення знижується. Концентрація розчиненого кисню складатиме узимку 2 мг/дм<sup>3</sup>, в літній період – 2,5 мг/дм<sup>3</sup>. Є дані, що швидкість ферментативних реакцій уповільнюється удвічі на кожне пониження температури на 10<sup>0</sup>С. Тому взимку слід приймати вищу дозу мулу в аеротенках: влітку цей параметр складає 2 г/л, то взимку – 2,5 – 3 г/л. Якщо є конструктивна можливість, то влітку слід зменшити час перебування мулової суміші в аеротенку (час аерації), наприклад, вивести з експлуатації одну секцію аеротенку, тоді, відповідно, звеличиться окислювальна потужність.

В таблиці 6.5 надані технологічні параметри для зимового та літнього періоду.

Таблиця 6.5

Таблиця оптимальних технологічних параметрів

№ п/ч	Показник	Одиниці вимірювання	Значення (влітку)	Значення (взимку)
1	Період аерації	год	24	24
2	Концентрація розчиненого кисню	мг/дм <sup>3</sup>	<b>2,5</b>	<b>2</b>
3	Концентрація активного мулу	г/дм <sup>3</sup>	<b>2</b>	<b>2,5-3</b>

4	Рециркуляція активного мулу	% від стоку	<b>30</b>	<b>50</b>
5	Питома витрата повітря	м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup>	<b>8,8</b>	<b>6,5</b>
6	Загальна витрата повітря	м <sup>3</sup> /добу	<b>290565</b>	<b>214500</b>
7	Окислювальна потужність	м <sup>3</sup>	247,3	247,3
8	Навантаження на мул	мг/г/доб	<b>167,6</b>	<b>111,8</b>

Гідробіологічний аналіз активного мулу має велике значення для оперативного контролю стану процесу біологічної очистки. Найпростіші індикаторні організми добре реагують на зміни умов існування: навантаження на мул, забезпеченість киснем, наявність токсичності, ступінь регенерації активного мулу та ін. Загальна кількість індикаторних найпростіших і різноманітність видів змінюються за сезонами року. У зимовий період (температура води 12-13°C) спостерігається найбільша кількість найпростіших при порівняно невеликому їх різноманітності (9-11 видів). Влітку (температура води 23-25°C) спостерігається найбільша різноманітність видів (понад 15) при невеликій загальній кількості найпростіших.

Впровадження в технологічний процес так званих «літніх» та «зимових» технологічних параметрів дозволить здійснювати ефективну, якісну очистку стічних вод, досягати нормативних показників на їх виході зі споруд на протязі всього року. Крім того, можлива економія електроенергії, якщо враховувати зниження кількості повітря, що подається в аеротенки на аерацію взимку. Для полегшення процесу переводу параметрів згідно сезону року, необхідно застосовувати автоматичні системи контролю розчиненого кисню, витрати повітря та ін. Практично виключити вплив кліматичних факторів на хід технологічного процесу можливо тільки при застосуванні критичних очисних споруд, що реально для невеликої кількості стічних вод потужністю до 10000 – 15000м<sup>3</sup>/добу.

## **7 РОЗРАХУНОК ВІДВЕРНЕНОГО ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНОГО ЗБИТКУ**

Природоохоронні заходи розробляються з метою зменшення забруднення природи, за яке необхідно платити економічно, як за збиток.

Економічний збиток, нанесений природі –це виражені в вартісній формі фактичні (або можливі) збитки, причинені народному господарству забрудненням навколишнього природного середовища або додаткові витрати на компенсацію цих збитків.

Відвернений еколого-економічний збиток –це різниця між можливим і фактичним або двома можливими збитками. Його величина виступає в якості міри ефективності природоохоронних заходів. Спочатку необхідно визначити величину еколого-економічного збитку до природоохоронних заходів, а потім - після впровадження цих заходів. Різниця між цими величинами є економічна ефективність природоохоронних заходів, яка вимірюється в національній валюті (відвернений еколого-економічний збиток).

Еколого-економічний збиток,  $Z$ , (грн/рік) від скиду забруднюючих домішок в водогосподарську ділянку деяким джерелом (або кількома) визначається по формулі:

$$Z = \gamma \cdot \sigma_k \cdot M, \text{ грн/рік}$$

де  $\gamma$  - множник, чисельне значення котрого дорівнює 140 (грн/ум.т);

$\sigma_k$  - константа, яка має різні значення для різних водогосподарських ділянок (безрозмірна). Значення  $\sigma_k$  для Сіверського Донця в нашому регіоні дорівнює 3.79.

$M$  –приведена маса річного скиду домішок даним джерелом в деяку водогосподарську ділянку (ум.т/рік);

$$M = \sum_{i=1}^N A_i \times m_i \quad (8.2)$$

де  $i$  – номер домішки, що скидається з водою;

$N$  – загальне число домішок;

$A_i$  –показник відносної небезпечності скиду  $i$ -ї речовини в водойми (ум.т/рік)

$$A_i = \frac{1(\text{г/м}^3)}{\text{ГДК}_{\text{р.г.}}(\text{г/м}^3)}, \left( \text{ум.} \frac{\text{т}}{\text{т}} \right) \quad (8.3)$$

де  $\text{ГДК}_{\text{р.г.}}$  – ГДК речовини в рибогосподарській водоймі,

$m_i$  –загальна маса річного скиду  $i$ -ї домішки оцінюваним джерелом, т/рік.

Якщо джерело скидає стічні води декількох типів, які відрізняються ступінню очистки, то належить визначити загальну масу  $m_i$  річного скиду  $i$ -ї домішки в водойму, що скидається зі всіма типами стічних вод по формулі:

$$m_i = \sum_{j=1}^k m_{ij} \quad (8.4)$$

де  $m_{ij}$  - маса річного надходження  $i$  –ї речовини в водойму від даного джерела зі стічними водами  $j$ -го типу,  $j=1,2..k$  (т/рік).

Якщо стічні води  $j$  –го типу скидаються тільки від оцінюваного джерела (без змішення зі стічними водами других джерел) і величина концентрації  $i$ -ї домішки  $C_{ij}$  (г/м<sup>3</sup>) в поступаючи в водойму стічних вод  $j$ -го типу на протязі року відносно постійна, то маса річного надходження  $i$ -ї речовини зі стічними водами  $j$ -го типу  $m_{ij}$  (т/рік) може бути визначена по формулі:

$$m_{ij} = C_{ij} \times V_j \quad (8.5)$$

де  $V_j$  –об'єм річного скиду стічних вод  $j$ - го типа даним джерелом в водойму (млн. м<sup>3</sup>/рік).



Якщо на міські або регіональні (загальнозаводські) очисні споруди надходять стічні води від кількох (від  $L$ ) джерел і при цьому очисні споруди утримують  $P_i$  % від загальної маси  $i$ -ї речовини, що надійшла в очисні споруди

від всіх  $L$  джерел за рік, а  $(100 - P_i)\%$  скидається у водойму, причому від  $l$ -го джерела ( $l=1,2,\dots,L$ ) на очисні споруди надходить  $m_{ij}^0$  (т/рік)  $i$ -ї забруднюючої речовини, то маса річного скиду  $i$ -ї речовини в водойму від  $l$ -го джерела ( $m_{il}$ ) визначається по формулі:

$$m_{il} = \frac{100 - P_i}{100} \times m_{ij}^0 \quad (8.6)$$

При відсутності  $\Gamma\text{ДК}_{\text{p-r}}$  дозволяється використовувати  $\Gamma\text{ДК}$   $i$ -ї речовини в водоймі господарсько-питного і культурно-побутового водокористування.

Якщо  $\Gamma\text{ДК}$  речовин відсутня, то до повної ліквідації їх скиду зі стічними водами пропонується для оцінки збитку приймати значення  $A_i = 5 \cdot 10^4$  умв.т./т.

При скиді в водойми речовин, які впливають на вміст розчиненого кисню, збиток визначається по загальній масі кисню на основі показника  $\text{БСК}_{\text{повн}}$ .

Збиток від скиду бактеріальної мікрофлори оцінюється по колі-індексу скидаємих вод.

$$M_{\text{бакт.}} = a \times \frac{\kappa}{\kappa_0} \times V \quad (8.7)$$

де  $\kappa$  - середнє значення колі-індексу в скиданих стічних водах;

$\kappa_0$ —нормативне значення колі-індексу в даній водоймі (або в питній воді, якщо вода із водойми використовується для питного водопостачання без водопідготовки);

$V$ — об'єм скиду в млн.м<sup>3</sup>;

$a$  – множник, чисельно рівний 1 і має розмірність: умв.т./((рік) · (млн м<sup>3</sup>)).

Викладений метод оцінки економічного збитку не вживається для залпових скидів.

При визначенні збитку необхідно враховувати всі скиди домішок в зливову каналізацію, якщо це впливає на проведені заходи.

Відвернений збиток (В) рівняється різниці між величинами збитків до очистки і після очистки стічних вод.

Підприємство ПрАТ «Севєродоцке об'єднання Азот» скидає в Сіверський Донець 33000 м<sup>3</sup>/добу господарсько-побутових стічних вод, концентрація речовин до очистки і після очистки наведена в таблиці 8.1.

Таблиця 8.1

Концентрації речовин до і після очистки стічних вод.

Речовина	Концентрація речовин до очистки, мг/м <sup>3</sup>	Концентрація речовин після очистки, мг/м <sup>3</sup>
БСК	190	18,6
Азот амонійний	27	1,3
Зважені речовини	185	20

Розрахунок  $m_1$  до очистки побутових стічних вод.

БСК:

$$m_1 = 190 * 33000 = 6270000 \text{ (мг/добу)} * 365 = 2288,60 \text{ т/рік}$$

Зважені речовини:

$$m_1 = 185 * 33000 = 6105000 \text{ (мг/добу)} * 365 = 2228,33 \text{ т/рік}$$

Азот амонійний:

$$m_1 = 27 * 33000 = 891000 \text{ (мг/добу)} * 365 = 325,22 \text{ т/рік}$$

Розрахунок  $M_1$  до очистки господарсько-побутових стічних вод.

БСК:

$$M_1 = 0,33 * 2288,60 = 755,24 \text{ ум. т/рік}$$

Зважені речовини:

$$M_1 = 0,05 * 2228,33 = 111,42 \text{ ум. т/рік}$$

Азот амонійний :

$$M_1 = 2 * 325,22 = 650,44 \text{ ум. т/рік}$$

Розрахунок  $m_2$  після очистки господарсько-побутових стічних вод.  
БСК:

$$m_2 = 18,6 * 33000 = 613800(\text{мг/добу}) * 365 = 224,04 \text{ т/рік}$$

Зважені речовини:

$$m_2 = 20 * 33000 = 660000(\text{мг/добу}) * 365 = 240,9 \text{ т/рік}$$

Азот амонійний:

$$m_2 = 1,3 * 33000 = 42900(\text{мг/добу}) * 365 = 15,66 \text{ т/рік}$$

Розрахунок  $M_2$  після очистки господарсько-побутових стічних вод.  
БСК:

$$M_2 = 0,33 * 224,04 = 73,93 \text{ ум. т/рік}$$

Зважені речовини:

$$M_2 = 0,05 * 240,9 = 12,05 \text{ ум. т/рік}$$

Азот амонійний:

$$M_2 = 2 * 15,66 = 31,32 \text{ ум. т/рік}$$

Результати попередніх розрахунків приведені у таблиці 8.2.

Таблиця 8.2

Результати розрахунків

Показник забруднення	ГДК <sub>р.г</sub> мг/л	A <sub>i</sub> = $\frac{1}{\text{ГДК}}$ ум.т/т	До очистки			Після очистки		
			C <sub>i</sub> <sup>1</sup> мг/л	m <sub>i</sub> <sup>1</sup> =C <sub>i</sub> <sup>1</sup> ×V т/рік	M <sub>1</sub> =A×m <sub>i</sub> <sup>1</sup> ум.т/т	C <sub>i</sub> <sup>2</sup> мг/л	m <sub>i</sub> <sup>2</sup> =C <sub>i</sub> <sup>2</sup> ×V т/рік	M <sub>2</sub> =A×m <sub>i</sub> <sup>2</sup> ум.т/т
БСК	3	0,33	190	2288,60	755,24	18,6	224,04	73,93
Зважені	20	0,05	185	2228,33	111,42	20	240,9	12,05

речовини								
Азот амонійний	0,5	2	27	325,22	650,44	1,3	15,66	31,32
Σ M <sub>1</sub>					1517,1			
Σ M <sub>2</sub>								117,29

Розрахунок збитку до очистки стічних вод.

$$M_1 = 1517,1 \text{ ум. т/рік}$$

$$Z_1 = 140 * 3,79 * 1517,1 = 805291,62 \text{ грн/рік}$$

Розрахунок збитку після очистки стічних вод.

$$M_2 = 117,29 \text{ ум. т/рік}$$

$$Z_2 = 140 * 3,79 * 117,29 = 62234,07 \text{ грн/рік}$$

Розрахунок відведеного збитку.

$$B = Z_1 - Z_2$$

$$B = 805291,62 - 62234,07 = 743057,55 \text{ грн/рік}$$

Таким чином, відвернений еколого-економічний збиток при впровадженні природоохоронного заходу складає 743057,55 грн/рік.

## **8 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності.

Основні положення по охороні праці і здоров'я трудящих викладені в трудовому законодавстві. Умови праці на робочому місці, безпека технологічних процесів, роботи машин, механізмів, обладнання і інших засобів виробництва, стан засобів колективного і індивідуального захисту, використовуваних працівником, а також санітарно-побутові умови повинні відповідати вимогам нормативних документів.

**Основні фізико-хімічні властивості, токсичність, пожежо- та вибухонебезпечність речовин, що застосовано та добуто на виробництві.**

Характеристики хімічних сполук, що є на очисних спорудах цеху НОПС процесу біологічної очистки стічних вод приведені у таблицях 8.1 – 8.3.

Таблиця 8.1

Основні фізико-хімічні властивості речовин

№	Назва речовини	Емпірична формула	Структурна формула	Агрегатний стан за н.у.	Температура плавлення, °С	Температура кипіння, °С
1	2	3	4	5	6	7
1	Формальдегід	CH <sub>2</sub> O	$  \begin{array}{c}  \text{O} \\  \parallel \\  \text{C} \\  / \quad \backslash \\  \text{H} \quad \text{H}  \end{array}  $	газ	- 118	- 19,2

Продовження таблиці 8.1

1	2	3	4	5	6	7
2	Метанол	CH <sub>3</sub> OH	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{O}-\text{H} \\   \\ \text{H} \end{array}$	рідина	- 93,9	64,7
3	Кисень	O <sub>2</sub>	O=O	газ	-218,4	-182,9
4	Метан	CH <sub>4</sub>	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\   \\ \text{H} \end{array}$	газ	- 182,5	- 161,5
5	Сірководень	H <sub>2</sub> S	$\begin{array}{c} \text{S} \\ / \quad \backslash \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	газ	- 85,6	- 60,35
6	Ортофосфорна кислота	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	$\begin{array}{c} \text{OH} \\   \\ \text{O}=\text{P}-\text{OH} \\   \\ \text{OH} \end{array}$	рідина	42,35	158

Таблиця 8.2

## Показники вибухо- і пожежонебезпеки

№ п/п	Речовина	Температура, °С		Границі поширення полум'я % об'ємних	
		запалювання	самозапалювання	нижній	верхній
1	2	3	4	5	6
1	Формальдегід	–	430	7	73
2	Метанол	–	464	6,7	36,5
3	Метан	–	537	5,28	14,1
4	Сірководень	- 85,6	246	4,3	46

Таблиця 8.3

### Характеристика токсичності речовин

№ п/п	Назва речовини	Клас небезпеки	Характер дії на організм людини	Гранично-допустима концентрація				Засоби індивідуального захисту
				в повітрі, мг/м <sup>3</sup>			в воді, мг/л	
				робочої зони	максимально разова	середньодобова	ГДК	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Формальдегід	2	токсичний, негативно впливає на репродуктивні органи, дихальні шляхи, очі, шкірний покрив	0,5	0,035	0,003	0,05	фільтруючі протигази марок А, М, БКФ, цивільні - типа ГП-5, ГП-7
2	Метанол	3	отрута, діюча на нервову і судинну системи, накопичується в організмі, проникає в організм при вдиханні повітря, насиченого його парами, через шкіру, при митті рук і змочуванні одягу; смертельна доза при попаданні всередину організму рівна 30 г	5	1	0,5	3	фільтруючі протигази з коробкою марки А, М, гумові рукавички, гумове взуття
3	Метан	4	володіє наркотичною, а у великих концентраціях - задушливою властивістю	300	–	–	–	фільтруючий протигаз марки М
4	Ортофосфорна кислота	2	при попаданні на шкіру викликає опіки і запальні захворювання шкіри	1	–	–	–	при роботі використовувати захисні костюми, спеціальне гумове взуття, гумові рукавички

Продовження таблиці 8.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
5	Сірководень	3	безбарвний газ із запахом тухлих яєць, який відчувається при дуже малих концентраціях, токсичний; при невеликих концентраціях в повітрі викликає сльозотечу, біль в очах, світлобоязнь; при вищих концентраціях з'являється кашель і утруднення дихання. При ще більших концентраціях вражається центральна нервова система, з'являється слабкість, запаморочення, блювота	10	0,008	0,008	–	Фільтруючий протигаз марки КД

### **Небезпечні і шкідливі виробничі фактори на виробництві**

Небезпечними і шкідливими чинниками на очисних спорудах цеху НОПС є:

- рухомі машини і механізми, рухомі частини виробничого устаткування;
- підвищена загазованість повітря робочої зони;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якої може відбутися через тіло людини;
- недостатня освітленість робочої зони;
- підвищений або знижений барометричний тиск;
- хімічні опіки ортофосфорною кислотою;
- хімічні опіки кислотами;
- попадання стоків, що містять мікробіологічні забруднення, на шкіру.



У складі стічних вод є такі речовини, як метанол, формальдегід, сірководень, метан, ортофосфорна кислота. В процесі очищення при аерації повітрям дані речовини виділяються з відкритих поверхонь стічних вод і за умови порушення цехами норм скидання, їх вміст в повітрі робочої зони може перевищувати ГДК.

### **8.3 Заходи пожежної безпеки**

Пожежо-вибухонебезпечні речовини в технологічному процесі цеху НОПС не використовуються. Виникнення пожежі на території цеху можливе у разі недотримання правил безпеки при виконанні вогняних робіт ремонтним персоналом і недотримання пожежної безпеки експлуатаційним персоналом [19].

Для запобігання можливого виникнення вибухів, пожеж необхідно дотримуватися наступних умов:

- не порушувати технологічний режим;
- забезпечити справний стан і безперебійну роботу контрольно-вимірвальних приладів;
- забезпечити справний стан обладнання, трубопроводів, запобіжних пристроїв і систем протипожежного захисту;
- не допускати застосування відкритого вогню при проведенні електрозварювальних робіт;
- всі змащувальні речовини зберігати в кількостях, що не перевищують одноразову потребу їх у разі заміни;
- у разі розливу масел, пального (бензин, дизпаливо) необхідно розлити рідини засинати піском;
- у приміщеннях всі проходи, евакуаційні виходи, коридори завжди повинні бути вільні;
- ящики для зберігання змащувальних і обтиральних матеріалів повинні встановлюватися не ближче 5 м від працюючого обладнання насосних і компресорних установок;

– при виникненні пожежі зупинити і знеструмити (якщо потрібно) насосну установку або ділянку;

– при ліквідації пожежі припливно-витяжна вентиляція повинна бути вимкнена;

– курити у відведених місцях.

При виникненні пожежі на робочому місці негайно повідомити майстрові зміни та у пожежну частину. До прибуття пожежної служби приступити до гасіння пожежі наявними засобами пожежегасіння.

Для забезпечення швидкого припинення пожежі приймаються наступні міри:

– централізоване розгалуження господарсько-протипожежного водопроводу;

– вогнегасники вуглекислотні ОУ-5;

– вогнегасники порошкові ОП-10.

На кожному робочому місці знаходиться ящик з піском, совком та азбестовим полотном [14].

### **БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

Цивільна оборона України є державною системою органів управління, сил і засобів, яка створена для організації і забезпечення захисту населення від наслідків НС техногенного, екологічного, природного і військового характеру.

У лютому 1993 року Верховна Рада України прийняла Закон «Про цивільну оборону України». Згідно із Законом кожен громадянин має право на захист свого життя і здоров'я від наслідків аварій, катастроф, пожеж, стихійного лиха та має право на надання гарантій забезпечення реалізації цього права від Кабінету Міністрів України, міністерств та інших центральних органів місцевого самоврядування, керівництва підприємств, установ і організації незалежно від форм власності й підпорядкування. Держава, як гарант цього права, створила систему цивільної оборони.

Завданнями ЦО України є:

1. Попередження виникнення НС техногенного характеру, а також зменшення збитків і втрат у разі НС природного характеру;
2. Сповіднення населення про виникнення або загрозу виникнення НС і постійне інформування його про наявну обстановку;
3. Захист населення від наслідків надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру;
4. Організація життєзабезпечення населення під час НС;
5. Проведення рятувальних і аварійно-відновлювальних робіт в районах стихійних лих і осередках ураження;
6. Підготовка і перепідготовка керівного складу цивільної оборони, її органів управління та сил; навчання вмінню населення застосовувати засоби індивідуального захисту і діяти у надзвичайних ситуаціях[14].

#### **Основні техногенні небезпеки для цеху НОПС.**

Основними техногенними небезпеками для цеху НОПС є:

- отруєння шкідливими хімічними речовинами (від дії на організм газів, пари, рідин і твердих речовин у вигляді пилу, які можуть потрапляти всередину через легені, шлунково-кишковий тракт і шкіру);
- хімічні опіки тіла і очей (кислотами, рідким аміаком, лугом і іншими агресивними речовинами);
- термічні опіки (гарячою водою, парою, газами, що запалали, розжареними матеріалами і іншими предметами і речовинами з температурою вищій 60 °С);
- поразки електрострумом (при зіткненні з тими, що знаходяться під напругою з неізольованими частинами електроустаткування, кабелів, електропроводок);
- небезпека попадання під залізничний і автомобільний транспорт (при пересуванні по території підприємства, при виконанні робіт на залізничних коліях або шосейних дорогах) [14].

Основний процес очищення стічних вод протікає на спорудах механічної очистки цеху НОПС. В процесі очищення в атмосферу летять в незначній кількості метан, циклогексанол, циклогексанон, які не перевищують ГДК. На стадії біологічної очистки другої черги не має сильнодіючих отруйних

речовин, які у разі аварії могли б завдати шкоди людству. Оскільки цех НОПС розташовується недалеко від ПрАТ «СЕВЕРОДОНЕЦЬКЕ ОБ'ЄДНАННЯ АЗОТ» на території якого є сховище аміаку, то в випадку надзвичайної ситуації цех потрапить у зону зараження. Отже розрахунок вестиметься у випадку руйнування ємкості аміаку.

Аміак ( $\text{NH}_3$ ) — безбарвний, отруйний і горючий газ з гострим запахом, викликає гостре роздратування слизистих оболонок, сльозотечу. При великих концентраціях аміак порушує нервову систему і викликає судом. Рідкий аміак заподіює небезпечні опіки. Гранично допустима концентрація (ГДК) аміаку в повітрі робочого приміщення  $20 \text{ мг/м}^3$ . Межі спалахування аміаку в суміші з повітрям 15 – 28 % об.

Ознаки отруєння аміаком – подразнення очей, головний біль, болі в грудях. Наслідками важкого отруєння можуть стати втрата голосу, зір, хронічний бронхіт, набряк легенів, активізація туберкульозного процесу.

### **Засоби і заходи забезпечення підвищеної стійкості об'єкту в надзвичайних ситуаціях**

Для уникнення створення в повітрі робочої зони вибухопожежонебезпечних концентрацій газоподібних продуктів в суміші з повітрям, а також перевищення санітарних норм токсичних речовин необхідно:

- постійно підтримувати контроль за герметизацією обладнання і комунікацій;
- забезпечити виробничі приміщення припливно-витяжною, припливною, витяжною вентиляцією;
- всі апарати повинні бути оснащені необхідними контрольно-вимірними приладами, запобіжними клапанами;
- дотримуватись графіку планово-запобіжних ремонтів обладнання та його огляду;
- дотримуватись встановлених правил експлуатації і профілактики машинного відділення;
- розробити план ліквідації аварійних ситуацій.

При виникненні будь-якого аварійного стану виробничому персоналу необхідно прийняти ряд обов'язкових дій, направлених на запобігання і усунення аварій згідно «Плану ліквідації аварійних ситуацій і аварій»:

- начальник зміни зобов'язаний оголосити про введення в цеху аварійного положення;

- доповісти про аварію старшому диспетчеру об'єднання, начальнику зміни виробництва.

- надати першу допомогу постраждалим;

- по гучномовцю або телефону негайно викликати пожежну частину, газорятівну і медичну службу, привести в готовність засоби пожежегасіння і індивідуального захисту;

- на місці аварії і в суміжних приміщеннях припинити всі роботи із застосуванням відкритого вогню, окрім робіт, пов'язаних із заходами щодо ліквідації аварій;

- вивести з приміщень і зовнішніх установок за межі цеху всіх робочих, не зайнятих аварійними роботами;

- прийняти всі заходи щодо локалізації аварії із застосуванням захисних засобів і безпечних інструментів;

- зупинити виробництво згідно інструкції на робочих місцях і плану ліквідації аварій;

- на місці аварій і на сусідніх ділянках заборонити проїзд всіх видів транспорту, окрім аварійних служб до повного усунення наслідків аварії.

Засоби, що вживають для локалізації пожежі:

1. На обладнанні передбачені запобіжні клапани;

2. По цеху є розводка пожежогосподарчої води, тобто на кожній позначці знаходиться пожежний кран, а на робочих місцях — пожежні рукави, вогнегасники, ящики з піском і азбестовим полотном.

## ВИСНОВОК

Метою магістерської роботи є дослідження впливу температурного режиму в різні сезони року на процеси біологічного очищення та розробка рекомендацій по досягненню нормативних показників якості очищених стічних вод.

В якості модельної використана технологічна схема очищення побутових стічних вод на ПрАТ «Об'єднання Азот» потужністю 33000 м<sup>3</sup>/добу. Описаний технологічний процес, розраховані матеріальний баланс та технологічні параметри.

Згідно матеріального балансу максимальний ефект вилучення органічних речовин склав 90,2% за показником БСК<sub>повн</sub>, а також висока ефективність вилучення азоту амонійного, вона становить 95,1%, окислювальна потужність складає 247,3 г БСК<sub>повн</sub>/м<sup>3</sup>/добу, навантаження на мул складає 111,8 мг/г беззольної речовини мулу/доб.

Конструкції споруд біологічного очищення (БХО) ПрАТ «Об'єднання Азот» є відкритими і в повній мірі залежать від кліматичних факторів. Коливання температур в спорудах в літку відбувається в діапазоні 20-25<sup>0</sup> С, взимку досягає мінімуму – 8-12<sup>0</sup> С. Щоб витримувати високу ефективність очищення стічних вод при різних температурних режимах, нами запропоновані так звані «літні» та «зимові» технологічні параметри. Корекції в залежності від температури підлягають такі параметри як концентрація розчиненого кисню, питома витрата повітря та деякі інші.

Проаналізовані результати досліджень вилучення азотних компонентів із комунальних стічних вод.

Показаний високий ступінь залежності процесу денітрифікації від температури. У досліджуваному діапазоні (8-25<sup>0</sup> С) збільшення температур якість очищення стічних вод від азоту нітратів збільшується. Відмічається, що залежність ефективності процесів біохімічної

трансформації сполук азоту від температури в ході очищення стічних вод може бути пов'язана з впливом цілого комплексу супутніх чинників.

Проаналізовані також сучасні моделі біологічного очищення з урахуванням температурних коефіцієнтів - роботи вчених Моно, Холдейн, Кенейл, які вдосконалювали математичні моделі і врахували параметр температури навколишнього середовища. Вони визначили, що для кожної з моделей температурний режим впливає і ці розрахунки можуть бути покладені в основу оптимізації процесу очищення стічних вод. Ці моделі можуть бути покладені в основу при управлінні процесами біологічного очищення в залежності від температури з метою підвищення його ефективності.

### **АНОТАЦІЯ**

Досліджено вплив температури на ефективність біологічної очистки міських стічних вод. Розроблені оптимальні параметри технологічного процесу для літнього та зимового періодів.

### **АННОТАЦИЯ**

Исследовано влияние температуры на эффективность биологической очистки городских сточных вод. Разработаны оптимальные параметры технологического процесса для летнего и зимнего периодов.

### **ANNOTATION.**

The influence of temperature on the efficiency of biological treatment of urban wastewater has been studied. The optimal parameters of the technological process for summer and winter periods are developed.

## ЛІТЕРАТУРА

1. <http://svsever.lg.ua/2015/06>
2. Когановский А.М., Кульский Л.А., Сотникова Е.В., Шмарук В.Л. Очистка промышленных сточных вод. – К.: Техника, 1974. – 257с.
3. Орловский З.А. Очистка сточных вод за рубежом. – М.: Стройиздат, 1974. -192с.
4. Бедрий Я.І. і ін. Основи екології та охорона природи. – Львів, Укрпошта, 1999. – 238 с.
5. Горелов А.А. Экология: Учебное пособие. - М.: Центр, 2000 - 240с.
6. Злобін Ю.А. Основи екології. К.: Лібра, 1998. - 248 с.
7. Основи екології та охорони навколишнього природного середовища. -Навчальний посібник З/р Джигерея В.С. – Львів – 1999. – 234с.
8. Основи екології та охорони навколишнього природного середовища. -Навчальний посібник З/р Джигерея В.С. – Львів – 1999. – 234с
9. Блінова Н.К., Мохонько В.І., Саломахіна С.О., Суворін О.В. Екологічна стандартизація і сертифікація - Навч. посібник. - Луганськ: Вид-во Східноукраїнського нац. ун-ту, 2009, 149 с.
10. Экология города. П/р Стольберга Ф.В. – Киев: «Либра», 2000.- 464с
11. Строительные нормы и правила СНиП II – 32 -74 ,Часть II, Глава 32 Канализация. Наружные сети и сооружения. – М.: Стройиздат ,1975.- 89с.
12. СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения. – М., 1986. – 72 с.
13. Карюхина Т.А., Чурбанова И.Н. Химия воды и микробиология:



- Учебник для техникумов. - М.: Стройиздат, 1983. - 168 с
14. Временный технологический регламент цеха НОПС (книга 1). – Северодонецк, 2003.
  15. Лурье Ю.Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод. – М: Химия, 1984. – 447с.
  16. Дичко А. О. Вплив деструкції біомаси на активний мул // Біорізноманіття та роль тварин в екосистемах: Матеріали VIII Міжнародної наукової конференції. – Дніпропетровськ: Ліра, 2015. – С. 25-27.
  17. Запольський, А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води: Підручник / С.В.Яковлев, Я.А.Карелин, А.И.Жуков, С.К.Колобанов. – К.: Вища школа, 2005. – 671 с
  18. Гудков, а.г. биологическая очистка городских сточных вод: учебное пособие / а.г.гудков. – вологда: вогту, 2002. – 127 с.
  19. Жмур, Н.С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками / Н.С.Жмур. – М.: АКВАРОС, 2003. – 512 с.
  20. Ковальчук В.А. Очистка стічних вод. - Рівне: ВАТ «Рівненська друкарня», - 2002. - 622 с
  21. Karl i Klaus R. Imhof. Kanalizacja miast i oczyszczanie ścieków. Poradnik. Projprzem-EKO.Bydgoszcz, 1996. - 450 с.
  22. Семенова о.і., Решетнякл.р., Ткаченко т.л., Бублієнко н.о. характеристика гідробіологічного складу аеробного активного мулу // [http://vuzlib.com.ua/articles/book/9027-Karakteristika\\_g%D1%96drob%D1%96olog%C3%91/1.html](http://vuzlib.com.ua/articles/book/9027-Karakteristika_g%D1%96drob%D1%96olog%C3%91/1.html)
  23. Малікова Ю.В., Блінова Н.К. Біотестування активного мулу в залежності від умов очистки стічних вод //Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Майбутній науковець – 2017» грудня 2017р., Северодонецьк. – Ч.1, С.34-38.
  24. Орлова Т.Н., Базлов Д.А., Орлов В.Ю. Химия природных и

- промышленных вод // Учебное пособие. — Ярославль: ЯрГУ, 2013. — 120 с.
25. Блинова Н.К., Мажула Ю.В. Биодиагностика активного ила низконагружаемых аэротенках // Матеріали VI Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції викладачів, аспірантів та студентів «Техногенно-екологічна безпека України: стан та перспективи розвитку» 7-15 листопада 2016 р., С.136-138.
  26. Методичні вказівки до виконання розділу «Розрахунок відверненого еколого економічного збитку» / Укладач: Бикова С.П. – Северодонецьк: СТИ, 2007. - 28с.
  27. Методические указания по расчетам размеров возмещения ущерба, причиненного государству в результате нарушения законодательства об охране и рациональном использовании водных ресурсов/ Составитель: Быкова С.П. – Северодонецк: СТИ, 1999. – 16 с.
  28. Хенце М., Армоэс П., Ля-Кур-Янсен Й., Арван Э. Очистка сточных вод. М.: Мир, 2009. 480 с.
  29. Вавилин В. А., Васильев В. Б. Математическое моделирование процессов биологической очистки сточных вод активным илом. М.: Наука, 1979. 118 с.
  30. Haldane J. V. S. Enzymes. London: Longmans, 1930. 235 p.
  31. Душин С. Е., Красов А.В., Кузьмин Н. Н. Моделирование систем управления: Учеб. пособие для вузов / Под ред. С. Е. Душина. М.: Студент, 2012. 348 с.
  32. Фролов Ю. П., Розенберг Г. С. Управление биологическими системами. Надорганизменный уровень. Самара: Изд-во Самар. ун-та, 2002. 191 с.
  33. Грудяева Е. К., Душин С. Е., Шолмова Н. Е. Анализ технологического процесса очистки сточных вод с мембранным биореактором // Изв. СПбГЭТУ „ЛЭТИ“. 2013. № 5. С.48—56.

34. Липунов И. Н. Очистка сточных вод в биологических реакторах с биопленкой и активным илом (расчет биофильтров и аэротенков): Учеб. пособие //Урал. гос. лесотехн. ун-т. Екатеринбург, 2015.110с
35. Яковлев С. В., Карюхина Т. А. Биохимические процессы в очистке сточных вод. М.: Стройиздат, 1980. 200 с.
36. Роговская Ц.И. Биохимический метод очистки производственных сточных вод. – М: Стройиздат, 1967. – 140с.
37. Орловский З.А. Очистка сточных вод за рубежом. – М: Стройиздат, 1974. -192с.
38. Егорова Н. И. Промышленная экология рыбообрабатывающих предприятий: Учебник. - Керчь: КГМТУ, 2008. – 201с.
39. Неворожкина Л.И., Чернава Т.В. Теория статистики.- Ростов на Дону: Феникс, 2005.
40. Хенце М. и др. Очистка сточных вод.- М: Мир, 2006. – 480с.
41. (Запольский А.К. Водоснабжения, водоотведения и качество воды . - М .: Высшая школа, 2005. - 671 с.
42. Хильчевский В.К. Водоснабжения и водоотведения : гидроэкологические аспекты. - М .: ИПЦ " Киевский университет ", 1999. - 319 с. ISBN 966-594-073-2)
43. Т. С. Айрапетян конспект лекцій з дисциплін «очистка побутових стічних вод» та «споруди та обладнання водовідведення