

І.О. Гуцал

## КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

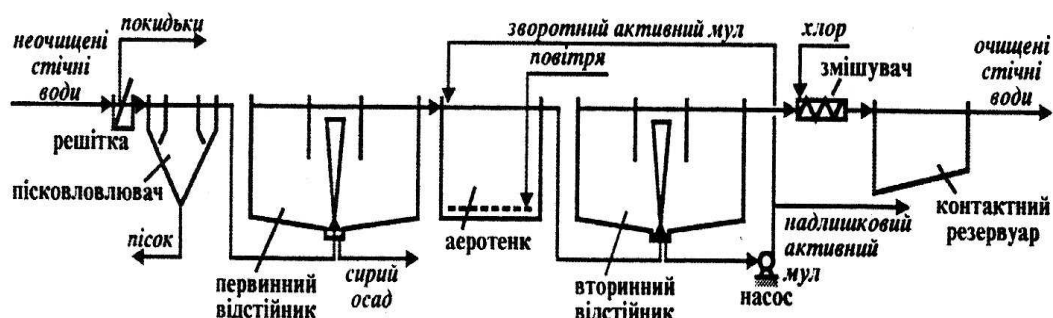
з дисципліни:

**„ТЕХНОЛОГІЯ ОЧИСТКИ ВОДНО-ДИСПЕРСНИХ СИСТЕМ”**

**Модуль 2:**

**„ТЕХНОЛОГІЯ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД”**

(для студентів 4 курсу денної форми навчання напряму підготовки  
0926 – „Водні ресурси”, спеціальності  
6.092600 – „Водопостачання та водовідведення”)



Конспект лекцій з дисципліни „Технологія очистки водно-дисперсних систем”, Модуль 2: «Технологія очищення стічних вод» (для студентів 4 курсу денної форми навчання напряму підготовки 0926 – „Водні ресурси”, спеціальності 6.092600 – „Водопостачання та водовідведення”) / Укл.: Гуцал І.О. – Харків: ХНАМГ, 2009. – 93 с.

Укладач: І.О.Гуцал

Рецензент: док., професор С.С. Душкін

Рекомендовано кафедрою водопостачання, водовідведення та очистки вод, протокол № 1 від 29.08.2008 р.

## Зміст

	стор.
<b>ВСТУП</b> .....	5
<b>ЗМ.2.1. ОБГРУНТУВАННЯ МЕТОДУ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД.</b>	6
<b>ТЕМА 1. Класифікація стічних вод та вплив збросу їх на водоймище</b> .....	6
1.1. Склад та властивості стічних вод.....	6
<b>ТЕМА 2. Критерії оцінки забрудненості стічних вод</b> .....	9
2.1. Процеси нітрифікації і денітрифікації, їхнє значення.....	
<b>ТЕМА 3. Водоймище, як приймач стічних вод</b> .....	12
3.1. Аеробний і анаеробний процеси.....	12
3.2. Споживання і розчинність кисню у воді водойми.....	12
3.3. Біохімічна потреба в кисню.....	14
3.4. Хімічна потреба в кисню.....	14
3.5. Бактеріальні та біологічні забруднення.....	15
3.6. Визначення концентрації загнивання.....	16
<b>ТЕМА 4. Самоочищення водоймищ та можливі методи їх оздоровлення. Умови спуску стічних вод у водоймище</b> .....	18
4.1. Водойми їхнє забруднення. Процеси самоочищення.....	18
4.2. Розведення стічних вод у водоймах.....	18
4.3. Бактеріальне самоочищення водойми.....	19
4.4. Умови спуску стічних вод і види водойм культурно-побутового водокористування.....	20
4.5. Визначення необхідного ступеня очищення стічних вод для водойм (баланс).....	22
4.6. Визначення необхідного ступеня очищення стічних вод за змістом зважених речовин.....	22
4.7. Визначення необхідного ступеня очищення стічних вод за споживанням розчиненого кисню.....	23
<b>ТЕМА 5. Вибір методу та схеми очищення стічних вод</b> .....	25
5.1. Методи механічного і фізико-хімічного очищення стічних вод і їхня сутність.....	25
5.2. Схеми станцій для очищення стічних вод.....	27
<b>ЗМ.2.2. МЕХАНІЧНЕ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД</b> .....	32
<b>ТЕМА 6. Споруди для механічної очистки стічних вод</b> .....	32
6.1. Приймальна камера.....	32
6.2. Водомірні пристрої.....	35
6.3. Піскоуловлювачі (основні параметри).....	39

6.4. Способи видалення піску. Розрахунок об'єму піску. Конструкція гідроелеватора.....	42
6.5. Відстійники.....	43
<b>ТЕМА 7. Попередня аерація та біокоагуляція.....</b>	<b>46</b>
<b>ТЕМА 8. Методи очищення стічних вод підприємств.....</b>	<b>49</b>
<b>ЗМ. 2.3. БІОЛОГІЧНА ОЧИСТКА СТІЧНИХ ВОД.....</b>	<b>51</b>
<b>ТЕМА 9. Біологічна очистка в природних та штучних умовах.....</b>	<b>51</b>
9.1. Класифікація полів зрошення.....	51
9.2. Процеси біохімічного очищення в аеротенках.....	54
9.3. Конструкція аеротенка с пневматичною аерацією.....	58
9.4. Способи пневматичної аерації.....	59
9.5. Біофільтри.....	61
<b>ТЕМА 10. Методи та споруди для доочищення стічних вод.....</b>	<b>66</b>
10.1. Біологічні ставки.....	66
<b>ТЕМА 11. Методи та споруди для обробки та знешкодження осаду.....</b>	<b>68</b>
11.1. Септики.....	72
11.2. Двохярусні відстійники.....	74
11.3. Освітлювачі – перегноювачі.....	76
11.4. Метантенки.....	77
11.5. Метод аеробної стабілізації.....	82
11.6. Мулові площадки.....	84
11.7. Механічне зневоднювання та термічна сушка осаду.....	86
<b>ТЕМА 12. Способи та споруди для незараження стічних вод.....</b>	<b>90</b>
<b>СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....</b>	<b>92</b>

## ВСТУП

Предметом вивчення дисципліни „Технологія очистки водно-дисперсних систем”, Модуль 2, є теорія, методи, розрахунок очисних споруд, способи очищення і знешкодження господарсько - побутових стічних вод міст та промислових стоків, утилізація висококонцентрованих компонентів, можливість повторного використання очищених стічних вод, злив їх за межі підприємства, що дозволяє оздоровлювати навколишнє середовище.

Метою вивчення дисципліни є підготовка фахівця, який володітиме знаннями, пов'язаними з вирішенням питань з очистки стічних вод.

Основні завдання дисципліни складаються з формування знань та вмінь, що необхідні для виконання професійних завдань за спеціальністю 6.092600 – „Водопостачання та водовідведення”.

## **ЗМ.2.1. ОБГРУНТУВАННЯ МЕТОДУ ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД**

### **ТЕМА 1. Класифікація стічних вод та вплив збросу на водоймище**

#### ***1.1. Склад та властивості стічних вод***

Стічні води перед скиданням у водойми повинні бути очищені на очисних спорудах. Для цього необхідно знати склад стічних вод і їхню якість.

##### ***Класифікація забруднень:***

##### ***1) За фізичним станом:***

а) нерозчинені речовини – частки діаметром більше 0,1мм – піна й емульсія діаметром менше 0,1мм, але більше 0,1мк ;

б) колоїдні речовини, що містять частки діаметром менше 0,1мк, але більше 0,001мк;

в) розчинені речовини, що складаються з молекулярно-дисперсних часток діаметром менше 0,001мк.

##### ***2) За походженням:***

а) мінеральні забруднення (шлаку, піску, розчини мінеральних солей, лугів, кислот, мінеральних олій)

##### ***б) органічні забруднення:***

- рослинні (залишки овочів, фруктів, гілок, листя, папір, ганчір'я, основний елемент - С);

- тваринні (виділення людей, тваринні, м'ясні, жирові речовини, клей, основний хімічний елемент - N);

Співвідношення органічних і мінеральних речовин у стічній воді складає відповідно ~58% і 42%.

3) *Бактеріальне й біологічне забруднення* (розвиваються на базі органічних забруднень):

- сапрофітні бактерії (безпечні)(дріжджові, цвільові грибки, водорості);

- хвороботворні бактерії (черевного тифу, паратифу).

### ***Нерозчинені (зважені) речовини***

Нерозчинені завислі речовини бувають тонко- і грубодисперсні. Нерозчинні речовини знаходяться у стічній воді в залежності від дисперсності (розсіювання), у тонко- дисперсному (емульсії, піни, суспензії) і в великодисперсному стані (частки суспензії більше 0,1мм).

При відстоюванні жири спливають на поверхню. Суспензія знаходиться у зваженому стані, пісок і шматки органічних речовин осідають на дно.

Зважені речовини поділяються на осідаючі і неосідаючі.

Осідаючі – речовини, що дають осад у судині ємністю 0,5л за 2 години відстоювання.

Інші речовини є неосідаємими. Кількість осідаючих дорівнює 50-80% від усїєї маси речовини.

### ***Визначення кількості зважених речовин***

Пробу стічної води фільтрують через паперовий фільтр, висушують при температурі 105<sup>0</sup>З, потім зважують і визначають концентрацію в мг/л/ або г/м<sup>3</sup>.

Концентрація – маса забруднень в од. обсягу води. Загальна маса зважених речовин складає 65м на 1 чол/доб., тобто  $a_c = 65\text{г/чол/доб.}$

Концентрація зважених речовин у стічних водах залежить від норми водовідведення

$$c = \frac{a_c \cdot 1000}{q_{жс}} \quad (1.1)$$

де  $C$  - концентрація зважених речовин у стічній воді (мг/л);

$a_c$  - питоме забруднення зважених речовин;

$q_{жс}$  - норма водовідведення (л/чол. доб.).

### ***Визначення органічних і мінеральних часток***

Для визначення органічних і мінеральних часток осад фільтрується, висушується при температурі 600<sup>0</sup>С. Органічна частина згоряє, неорганічна залишається у вигляді золи. Різниця ваг до і після проколювання називається органічною летучою беззольною частиною, а золу називають мінеральною, беззольною

частиною, нелетучою частиною. Відношення маси золи до загальної маси абсолютно сухої речовини визначає зольність речовини і виражається у %.

Утрата при прокалюванні визначає кількість беззольної речовини.

### ***Колоїдні і розчинені речовини***

Уміст колоїдів складає 30-40% у всій масі зважених речовин. Розрізняють:

1) гідрофільні колоїди, що являють собою органічні сполуки (вуглеводи: крохмаль, клітковина, целюлоза, білки, гемоглобін, м'ясний і рибний жир, мило і мікро органічний льон).

2) гідрофобні колоїди. До них відносять гідрати окисел заліза, Al, глина, обеззолені вугілля й ін.

### ***Визначення якості***

Фільтруємо через паперовий беззольний фільтр, пропускаємо через ультрафільтр. Фільтрація на ультрафільтрі відбувається під тиском  $N_2$  у 2-5 атм.  $N_2$  обраний як інертний газ. Колоїди, що залишилися на ультрафільтрі, речовини висушуються і зважуються.

### ***Розчинені речовини у стічній воді***

До розчинених речовин відносяться карбонат алюмінію, органічні речовини, що містять сірку, P, Cl, Fe і Na у виді солей.

### ***Визначення якості***

Уміст розчинених речовин визначається так: фільтрують, потім випарюють фільтрат і одержують сухий залишок, що потім зважують при температурі  $600^{\circ}C$ . І зважують золу. Її називають нелетучою або мінеральною частиною речовини. Різниця ваги до і після прокалювання називається **летною** або **органічною частиною**.

### **Контрольні питання**

1. Проаналізувати склад і властивості стічних вод. Визначення якості.
2. Як визначити нерозчинені і зважені речовини?
3. Як визначити органічні і мінеральні речовини?



## ТЕМА 2. Критерії оцінки забрудненості стічних вод

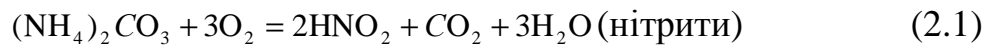
### 2.1. Процеси нітрифікації і денітрифікації, їхнє значення

Основним хімічним елементом органічних забруднень тваринного походження є N. У стічній воді він знаходиться у вигляді  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  і називається азот амонійних солей, карбонат амонію або вуглекислий амоній.

За наявності кисню і при температурі стічної води понад  $4^{\circ}\text{C}$  (практично температура =  $30\text{-}37^{\circ}\text{C}$ ) під дією аеробних мікроорганізмів відбувається окиснення азотоамонійних солей.

Окиснення відбувається в 2 фази:

1) утворення солі азотистої кислоти;



2) утворення солі азотної кислоти (нітрати):



Перша фаза відбувається в 3 рази швидше ніж друга. Це означає, що у процесах нітрифікації:

1) Відбувається глибоке окиснення (мініралізація) органічних сполук, що містять N.

2) У стічній воді накопичується  $\text{O}_2$ , зв'язаний із азотом  $\text{HNO}_2$  (нітри) і  $\text{HNO}_3$  (нітрати).

Утворення нітратів є кінцевою стадією окиснення (мініралізації) містячих азот органічних сполук.

Наявність нітратів у стічній воді служить показником ступеня повного очищення стічних вод. Поява нітратів ( $5\text{-}6\text{ мг/л}$ ) характеризується закінчення очищення.

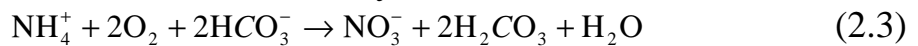
Процес утворення спочатку нітритів (солей азотистої кислоти), а потім нітратів (солей азотної кислоти) – називається **нітрифікацією**.

Зв'язаний  $\text{O}_2$  відокремлюється від нітратів і нітритів під впливом мікроорганізмів (денітрифікуючих бактерій) і удруге витрачається на окиснення органічної речовини (денітрифікація). Процес супроводжується виділенням  $\text{N}_2 \uparrow$ .

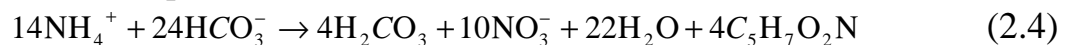
## ***Нітрифікація***

Біологічна нітрифікація застосовується як кінцева стадія очищення води, коли можна використовувати, або скинути у водойму очищену воду, що містить нітрати, а іноді (частіше) як проміжна стадія, вона komponується з наступною біологічною денітрифікацією. Нітрифікацію здійснюють бактерії - автотрофи, яким вуглець необхідний у неорганічній формі (вуглекислота, карбонати, бікарбонати). **Процеси протікають за схемою:**

- енергетична реакція окислювання аміаку:



- синтез клітинної речовини:



У процесі нітрифікації використовується  $\text{HCO}_3^-$  і збільшується концентрація  $\text{H}_2\text{CO}_3^-$ , внаслідок чого знижується рН:  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3^- + \text{H}^+$

Ступінь зниження рН залежить від лужності середовища, що зумовлює виділення або зв'язування  $\text{CO}_2$  за наявності азоту. Зниження лужності підраховується за співвідношенням, за яким один іон амонію зв'язує два іони бікарбонату.

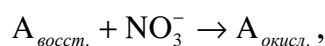
Під час нітрифікації кисень витрачається на окислювання азоту аміаку з розрахунку 4,6 мг  $\text{O}_2$  на 1 мг окисленого азоту. Для проведення нітрифікації можна застосовувати будь-які споруди: аэротенк, біофільтр, окситенк.

Утворення солей азотистої кислоти  $\text{HNO}_2$ , тобто нітриту, у першій фазі відбувається втричі швидше, ніж друга фаза – утворення солі азотної кислоти (нітрати). Утворення нітратів є кінцевою стадією окиснення (мініралізація) містячих азот органічних сполук.

Наявність нітратів у стічній воді служить показником ступеня очищення стічної води. Поява нітратів 5-6 мг/л характеризує закінчення очищення.

## ***Денітрифікація***

Процес денітрифікації у цілому являє собою сукупність перетворень:



де  $\text{A}_{\text{восст.}}$  - донор електронів, представлений органічними сполуками або воднем;

$\text{A}_{\text{окисл.}}$  - окислена органічна сполука або вода.

Роль окислювача – акцептора електронів у цьому процесі відіграють нітрати, в аеробному процесі – кисень. З практичного погляду між денітрифікацією й аеробним окисненням є істотна розбіжність. Так, у аеробному процесі надміру подається кисень, а при денітрифікації – у надміру додається органічний субстрат.

Вихід енергії при денітрифікації трохи менший, ніж при окисненні киснем. Якщо як органічний субстрат узяти глюкозу, то при окисненні її киснем виділиться 686 ккал/моль, а при денітрифікації – 570 ккал/моль. Це розходження невелике, але його досить, щоб запобігти денітрифікації у присутності певної кількості розчиненого кисню. Відновлення нітратів до азоту – процес багатоступінчастий і проходить за схемою: денітрифікація (дисиміляційна нітрат - редукція):  $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO} \rightarrow \text{N}_2\text{O} \rightarrow \text{N}_2$

Кінцевим продуктом відновлення можуть бути або NO, або N<sub>2</sub> залежно від рН. За рН < 7,3, ймовірно утворення N<sub>2</sub>O. Однак процес проходить до молекулярного азоту.

На активність денітрифікації впливає багато факторів: джерело органічного вуглецю і його концентрація, склад нітратів, концентрація кисню, температура води, рН, наявність токсичних речовин.

Як джерела вуглецю можуть бути використані різні органічні речовини і стічні води багатьох виробництв, наприклад, виробництво нітроцелюлози, хімічних речовин, а також побутові стоки.

### Контрольні питання

1. Проаналізувати процеси нітрифікації і денітрифікації, їхнє значення.
2. Яка кількість нітратів служить показником скінчення процесу очищення стічних вод?

## ТЕМА 3. Водоймище, як приймач стічних вод

### 3.1. Аеробний і анаеробний процеси.

Найбільш небезпечним забрудненням стічної води є органічні забруднення тому, що вони є сприятливою умовою для розвитку бактерій. Органічні сполуки в результаті біохімічних процесів розпадаються до вуглекислоти  $\text{CO}_2$  і мінеральних утворень.

Цей процес називається **біохімічним окисненням**, він призводить до мінералізації органічних речовин.

Окиснення відбувається під впливом мікроорганізмів: аеробних, котрі потребують кисню повітря й анаеробних, що не виносять його.

При аеробних біохімічних процесах відбувається окиснення органічних сполук, що містять С, N, S, P до вуглекислоти  $\text{CO}_2$  і мінеральних речовин. За анаеробних процесів утворюються гази:  $\text{CO}_2, \text{H}_2\text{S}$  і  $\text{NH}_3, \text{H}_2, \text{CH}_4$ .

**Аеробні процеси** використовуються для очищення стічної води від органічних сполук, які знаходяться в розчиненому і колоїдному виді.

**Анаеробні процеси** використовують для обробки і зневоднення осаду (денітрифікації, шумування).

### 3.2. Споживання і розчинність кисню у воді водойми

У воді знаходиться розчинений  $\text{O}_2$ . При надходженні органічних забруднень відбувається їхнє окиснення з використанням розчиненого кисню  $\text{O}_2$ . Це процес називається **біохімічним окисненням**. Паралельно йде процес розчинення  $\text{O}_2$  з повітря у воді. Чим сильніше забруднення, тим швидше йде біохімічне окиснення.

Поповнення  $\text{O}_2$  води за рахунок надходження його з повітря називається **реаерація**. Розчинення  $\text{O}_2$  у воді залежить від температури і турбулентності. Чим вище температура, тим розчинність нижча. Існує межа насичення  $\text{O}_2$  води.

За  $0^\circ\text{C}$  - межа насичення 14,62 мг/л.  $\text{O}_2$

$10^\circ\text{C}$  - межа насичення 11,33 мг/л.  $\text{O}_2$

$20^\circ\text{C}$  - межа насичення 9,17 мг/л.  $\text{O}_2$

Якщо кисню достатньо, то процес окиснення, у першій вуглеводистій фазі, підкоряється визначеному закону: швидкість окиснення (або швидкість споживання  $O_2$ ) за однакової температури у певний час пропорційна кількості органічних речовин, що залишаються у стічній воді. Чим менше залишається у воді органічних речовин, тим повільніше йде процес окиснення. Цей закон може бути представлений рівнянням

$$L_t = L_a \cdot 10^{-k_1 \cdot t} \quad (3.1)$$

де  $L_t$  – кількість  $O_2$ , яка необхідна для окиснення органічної речовини понад часу  $t$ ;

$L_a$  - кількість  $O_2$ , яка необхідна для окиснення органічної речовини, яку маємо на початку процесу;

$K_1$ – коефіцієнт пропорційності, або константа швидкості біохімічного споживання  $O_2$ .

**Дефіцит**  $O_2$  - різниця між межею насичення й дійсним вмістом  $O_2$  у воді.

За відсутності  $O_2$  у воді дефіцит дорівнює 1, а при повному насиченні –  $0_2$ .

$$D_t = D_a \cdot 10^{-k_2 \cdot t} \quad (3.2)$$

де  $D_t$ . дефіцит  $O_2$ ;

$t$  - тривалість процесу спостереження;

$D_a$  – початкове значення дефіциту;

$K_2$  - емпірична константа швидкості реаерації.

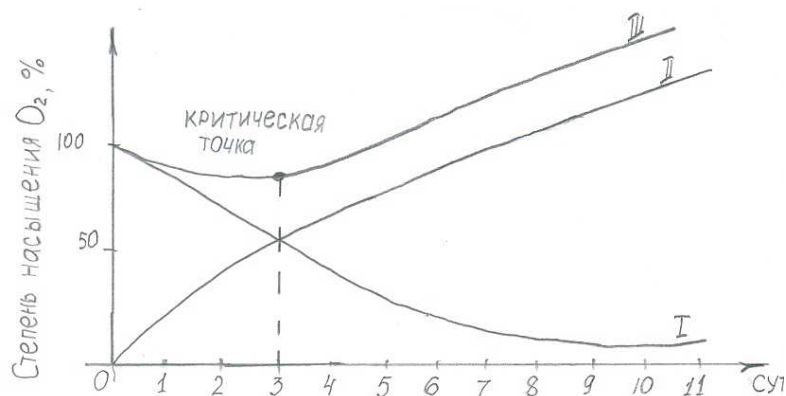


Рис. 3.1- Схема зміни кисневого балансу у водоймі при одночасному процесі витрат на окиснення і розчинення кисню.

1- характеризує витрати  $O_2$  на окиснення; 2 – характеризує насичення води у водоймі  $O_2$  з повітря; 3 – одночасні, сумарно відбуваючися процеси споживання і реаерації  $O_2$

За температури  $20^{\circ}C$   $K_2=0,2$ ;  $K_1=0,1$

### 3.3. Біохімічна потреба в кисні

**БПК** називається кількість кисню, що витрачається на біохімічне окиснення органічних речовин, виражається в мг/л, г/м<sup>3</sup>.

БПК визначається в пробі стічної води за температури 20°C, попередньо відстояної протягом 2 годин, яка розведена водопровідною або іншою водою в стільки разів, щоб розчиненої рідини кисню вистачало не менш 3 мг/л, і залишають у термостаті до появи нітритів у кількості 0,1 мг/л.

Це відбувається на 15-30 добу і супроводжується майже повним(99%) споживанням кисню.

На виробництві неможливо витримувати такі терміни. До того ж окиснення йде нерівномірно:

На **1-у добу** споживається O<sub>2</sub> - **21%**;      На **20-у добу** БПК<sub>20</sub> – **99%**;

На **5-у добу**      БПК<sub>5</sub> –      **68%**;      На **100-у добу** БПК<sub>повн.</sub> – **100%**

При експлуатації ОС вважається, що БПК<sub>повн.</sub>=БПК<sub>20</sub>=БПК<sub>5</sub>/0,68=1,5БПК<sub>5</sub>.

Визначена величина БПК<sub>5</sub> на одного жителя a=40 г/(доб.чол), коли рідину попередньо відстоюють 2 години, а не вистояна a=75 г/(доб.чол).

Концентрація стічної води за БПК<sub>20</sub> залежно від норм водовідведення дорівнює

$$L_{20} = \frac{a_L \cdot 1000}{q_{ж}} , \text{мг/л} \quad (3.3)$$

де q<sub>ж</sub> – норма відведення в л/доб, на 1 людину.

Чим більше БПК, тим більше забруднена вода органічними сполуками.

### 3.4. Хімічна потреба в кисні

Загальна кількість O<sub>2</sub>, необхідна для перетворення вуглецю органічних сполук на вуглекислоту, водню на воду, азоту на аміак, сірки на сірчаний ангідрид, називається хімічною потребою в кисні і позначається **ХПК**. ХПК більше БПК.

*БПК не характеризує всієї кількості органічних речовин, тому що :*

1. Частина органічних речовин узагалі не піддається біохімічному окисненню.
2. Частина органічних речовин витрачається на приріст мікроорганізмів.

Тому використовуються хімічні методи окиснення. Для визначення ХПК пробу стічної води змішують з  $H_2SO_4$  (сірчана кислота), куди додають йодид калію ( $KIO_3$ ) або солі хромової кислоти, що віддають свій кисень для окиснення. Окиснення проводиться при кип'ятінні.  $\underline{БПК = 0,86 \text{ ХПК}}$

БПК визначається при проектуванні міських очисних споруд, а ХПК при проектуванні промислових очисних споруд.

### ***3.5.Бактеріальні та біологічні забруднення***

У стічній воді знаходяться патогенні (хвороботворні) бактерії збудники дизентерії, тифу і т.д. Крім того знаходяться яйця гельмінтів (глистів).

Кількість бактерій у стічній воді досить значна і досягає мільйонів у 1л.

Для визначення кількості забруднень проводять аналіз на

***Коли-титр*** - найменший обсяг води у якому знаходиться 1 кишкова паличка.

Якщо коли-титр - 10, то виходить, що в 10 мл знаходиться 1 кишкова паличка. Якщо коли-титр = 0,001, то в 1 мл знаходиться 1000 кишкових паличок. Для побутових стічних вод коли - титр дорівнює  $10^{-6}$ .

***Коли-індекс*** - кількість кишкових паличок у 1 л.

### ***Активна реакція стічних вод***

Активну реакцію виражають у рН, що означає концентрацію водневих іонів: рН < 7 – кисла; рН > 7 – лужна; рН = 7 – нейтральна.

Оптимальне значення для біохімічного процесу очищення є рН = 7 - 8 СВ мають рН = 7,2 - 7,6(слабо лужна).

Нітрітні бактерії існують за рН=6÷9, а нітратні, за рН = 6,5÷ 8,5.

### ***Відносна стабільність***

Відносна стабільність виявляється у здатності стічних вод загнивати після їхнього очищення і характеризує ступінь і якість очищення.

Відносна стабільність - відношення всього запасу  $O_2$  у стічній воді розчиненого нітрітного і нітратного БПК. Відносну стабільність стоку виражають наступною формулою

$$S=100 \cdot (1-10^{-k_1 t}), \quad (3.4)$$

де  $S$  - відносна стабільність (%);

$K_1$ - константа споживання кисню на окислювання ( $K_1=0,1$  при  $t^0=20^0$ );

$t$  - кількість діб, протягом яких увесь кисень був спожитий до початку загнивання.

Чим більше кисню у воді, тим більше діб мине до початку загнивання води.

Для визначення початку загнивання пробу стічних вод наливають у скляну ємність 150 мл, додають метиленову синьку, закривають і ставлять у термостат  $20^0$  С. Стійкість води 50% загнивання на третій день, стійкість 99% - на двадцятий день. Знебарвлення рідини вказує на початок загнивання.

### 3.6. Визначення концентрації загнивання

$$C^{nob.} = \frac{a_c \cdot 1000}{q_{ж}}, \text{ мг/л} \quad (3.5)$$

$$h^{nob.} = \frac{a_L \cdot 1000}{q_{ж}} \text{ мг/л}, \quad (3.6)$$

де  $a_c$ - питома концентрація зважених речовин = 65 мг/доб.;

$a_L$  - 40мг/доб. питома значення БПК;

$C^{nob.}$  - концентрація зважених речовин у побутових стічних водах;

$h^{nob.}$  - значення БПК побутових стічних вод.

Визначимо середню концентрацію зважених речовин суміші побутових і виробничих стічних водах наступним чином:

$$C = \frac{C^{nob.} \cdot Q^{nob.} + C^{III} \cdot Q^{III}}{Q^{nob.} + Q^{III}}, \text{ мг/л} \quad (3.7)$$

$$h = \frac{h^{nob.} \cdot Q^{nob.} + h^{III} \cdot Q^{III}}{Q^{nob.} + Q^{III}}, \text{ мг/л}, \quad (3.8)$$

де  $Q^{nob.}$  і  $Q^{III}$  - витрата стічних вод від міста і промислових підприємств відповідно;

$h^{III}$  і  $C^{nob.}$  - концентрація зважених речовин у стічній воді від підприємства та міста.

Крім концентрацій зваженими речовинами нам необхідно знати чисельність населення.

Для обліку впливу виробничих стічних вод визначають приведену кількість мешканців



$$N^{прив.} = N^{міст.} + N_c^{экв.} \quad (3.9)$$

$$N^{міст.} = \frac{Q^{поб} \cdot 1000}{q_{ж}}, \quad (3.10)$$

де  $q_{ж}$ - норма водовідведення;

$N_c^{экв.}$ - кількість мешканців, що вносить таку ж масу забруднень як і дана витрата.

$$N_c^{экв.} = \frac{C^{III} \cdot Q^{III}}{a}, \text{ люд.} \quad (3.11)$$

$$N_h^{экв.} = \frac{h^{III} \cdot Q^{III}}{a_h}, \text{ люд.} \quad (3.12)$$

### Контрольні питання

1. Обґрунтувати аеробний і анаеробний процеси. Споживання і розчинність кисню у воді водойми.
2. Дати оцінку БПК і ХПК, їхня характеристика.
3. Визначити концентрацію загнивання.
4. Обґрунтувати відносну стабільність стічних вод.

## **ТЕМА 4. Самоочищення водоймищ та можливі методи їх оздоровлення. Умови спуску стічних вод у водоймище**

### ***4.1. Водойми, їхнє забруднення. Процеси самоочищення***

До водойм відносять: моря, річки, озера, водоймища. Забруднення водойм може відбуватися штучним і природним шляхом. Природним - за рахунок відмирання тваринах і рослин і поступаючих дощових і поталих вод. Штучне - за рахунок спуску у водойму стічних вод. При цьому відбувається:

1.Поява речовин, що спливають.

2.Зміна прозорості і кольору.

3.Поява запаху і присмаку.

4.Зміна хімічних властивостей води (рН, кількість органічних і мінеральних домішок, поява токсичних речовин).

5.Зменшення розчиненого у воді кисню.

6.Поява хвороботворних бактерій.

Забруднені водойми не можуть бути використані як джерела водопостачання, а також для купання і відпочинку населення.

### ***Процеси самоочищення***

Це здатність водойми ліквідувати забруднення, що надходять у його.Його розглядають як сукупність процесів розведення, сорбції, осадження і перетворення речовин (біохімічне окиснення). Водойму можна розглядати як природну очисну споруду.

### ***4.2. Розведення стічних вод у водоймах***

Розведення стічних вод - процес зниження концентрованих забруднюючих речовин у водоймах як наслідок перемішування. Стічні води із навколишнім водним середовищем характеризується кратністю розведення

$$n = \frac{\gamma \cdot Q_p + q}{q}, \quad (4.1)$$

де  $\gamma$  - коефіцієнт розведення;

$Q_p$  - витрата ріки (найменший середньомісячний);

$q$  - витрата стічних вод.

$$\gamma = \frac{1 - e^{-\alpha \sqrt[3]{\ell} \phi}}{1 + Q_p / q \cdot e^{-\alpha \sqrt[3]{\ell} \phi}}, \quad (4.2)$$

де  $\ell \phi$  - довжина шляху перемішування по осьовій лінії ріки (фарватер);  
 $Q_p$  - витрата ріки;  
 $q$  - витрата стічних вод;  
 $\alpha$  - коефіцієнт, що враховує гідравлічні фактори водойми.

$$\alpha = \varphi \cdot \xi \sqrt[3]{\frac{E}{q}}, \quad (4.3)$$

де  $\varphi$  - коефіцієнт звивистості річки  $\varphi = 1,1 \div 1,2$ ;

$$\text{бо } \varphi = \frac{\ell_{\phi}}{\ell_{np}} \quad (4.4)$$

де  $\ell_{in}$  - довжина по прямій.

$\xi$  - коефіцієнт, що залежить від місця випуску до водойми,

$\xi = 1$  - місце випуску - берег;  $\xi = 1,5$  у фарватері.

$E$  - коефіцієнт турбулентної дифузії

$$E = \frac{v_{cp}^3 \cdot H_{cp}}{200}, \quad (4.5)$$

де  $v_{cp}$  - середня швидкість річки;

$H_{cp}$  - середня глибина річки.

Якщо гідравлічні умови річки різні, то вся довжина річки розбивається на ділянки

$$E = \frac{\ell_1 E_1 + \ell_2 E_2 + \dots + \ell_n E_n}{\ell}, \quad (4.6)$$

де  $\ell$  - шлях змішування стоку.  $\gamma < 1$ . Якщо  $\ell \rightarrow \infty$ , то  $\gamma \rightarrow 1$

### 4.3. Бактеріальне самоочищення водойми

Неочищені стічні води вносять у водойму велику кількість бактерій. Процес окиснення викликає зростання бактерій. Подальша мінералізація призводить до їхнього відмирання, отже, до знищення бактерій коловертками, інфузоріями й ін. мікроорганізмами. Особливим ворогом є бактеріофаг.

На відмирання бактерій впливає температура води, реакція й ін. Явище зменшення бактерій називають бактеріальним самоочищенням. Показники бактеріального самоочищення не збігаються із самоочищенням від зважених речовин і ін.

Через 24 години в результаті бактеріального самоочищення залишається 50% бактерій.

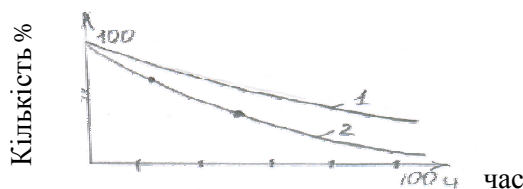
Через 48г. - 25%

72г. - 10% для осінне – літнього періоду

96г. - 0÷ 5%

Кишкова паличка, холерній вібріон затримуються у воді на довгий час.

Представимо процес бактерій самоочищення у вигляді графіка (рис.4.1).



**Рис. 4.1- Схема процесу самоочищення**

Крива показує, що у перші години відбувається інтенсивне відмирання бактерій. Улітку (2) - відбувається активніше, ніж узимку (1).

Через 96 годин залишається 0-5%.

#### ***4.4. Умови спуску стічних вод і види водойм культурно - побутового водокористовування***

Умови спуску стічних вод визначається "Правилами охорони поверхневих водойм від забруднення стічних вод. Відповідно до „правил” устанавлюється **2 види водокористовування.**

1.Водойми питного водокористовування.

2.Водойми, що використовуються для спорту і відпочинку населення і які знаходяться в межах міста.

Віднесення водойм до 1-му або 2-му виду виробляється органами держ. сан. нагляду.

Наводимо показники ПДК складу води залежно від виду водокористовування. Ціх показників необхідно дотримуватися наступним чином: на 1 км вище пункту водокористовування(створ), для озер, морів, водоймищ - по 1 км в обидва боки від пункту водокористовування.

	<b>1 вид</b>	<b>2 вид</b> При 20°C
1. БПК <sub>повн.</sub>	≤3 мг/л	≤6 мг/л
2. Концентрація зважених речовин не повинна збільшуватися більш ніж на	0,25 мг/л	0,75 мг/л
3. Розчинений O <sub>2</sub> у 12 год. дня	≥4 мг/л	≥4 мг/л
4. Розчин не повинен змінювати колір у стовпчику з висотою	20см	10см
5. Мінеральний склад не повинний перевищувати	1000 мг/л	Нормується по показниках "присмаки"
6. Присмаки не повинні перевищувати	2 бали	2 бали
7. Реакція рН	8,5 ≥ рН ≥ 6,5	—
8. Температура води. Перевищення температури води	Δt °C 3°C	—
9. Коли – індекс	≤1000	—

### ***Водойми рибогосподарського призначення***

Вони розподілені на 2 види водокористовування:

1. Водойми, що використовуються для розведення коштовних порід риб.
2. Для інших рибогосподарських цілей.

Вимоги до якості води рибогосподарських водойм в основному залишаються однаковими з водоймами питного призначення, але розчинений кисень у 12 год. дня влітку ≥6 мг/л, а узимку ≥6 мг/л ÷ ≥4 мг/л

	<b>1 вид</b>	<b>2 вид</b>
БПК <sub>повн.</sub>	≤3 мг/л	≤3 мг/л
O <sub>2</sub> у 12 год. дня:	≥6 мг/л	≥6 мг/л
- влітку		
- взимку	≥6 мг/л	≥4 мг/л

#### **4.5. Визначення необхідного ступеня очищення стічних вод для водойм (баланс)**

Стічні води, що спускаються у водойми повинні бути очищені до такого стану, щоб перші не чинили несприятливий вплив на самоочищення водойм.

Баланс забруднення водойм при спуску стічних вод:

$$C_p \gamma \cdot Q_p + Cq \leq (\gamma \cdot Q_p + q) \cdot C_{ГПК} \quad (4.7)$$

кількість забруднення у річці      кількість занесених забруднень      загальна витрата води ,

де  $\gamma$  - коефіцієнт змішання;

$Q_p$  - витрата ріки;

$C$  - концентрація забруднення у стічній воді;

$q$  - витрата стічних вод;

$C_{ГПК}$  - гранично припустима концентрація забруднення у водоймі після скидання стічних вод;

$C_p$  - концентрація забруднення в річці.

$$C = \frac{\gamma \cdot Q_p}{q} \cdot (C_{ГПК} - C_p) + C_{ГПК} \quad (4.8)$$

Визначається для того, щоб визначити метод очищення.

#### **4.6. Визначення необхідного ступеня очищення стічних вод за вмістом зважених речовин**

$$\gamma \cdot Q_p C_p + q \cdot C_{ex} = (\gamma \cdot Q_p + q) \cdot (C_p + C_{ГПК}) \quad (4.9)$$

де  $C_{ex}$  - концентрація зважених речовин у стічній воді після очищення.

$$C_{ex} = \left( \frac{\gamma \cdot Q_p}{q} + 1 \right) \cdot C_{ГПК} + C_p, \text{ мг/л}, \quad (4.10)$$

де  $C_{ГПК}$  – залежно від категорії (0,25 або 0,75).

Визначаємо необхідний ефект очищення в % за зваженими речовинами:

$$\eta_c = \frac{(C_{en} - C_{ex})}{C_{en}} \cdot 100\% (\approx 90\%), \quad (4.11)$$

де  $C_{ex}$  - концентрація зважених речовин у стічній воді, що надходять на очищення.

Визначення необхідного ступеня очищення стічних вод за БПК<sub>п</sub>

Складений баланс БПК суміші річкової і стічної води.

$$\gamma \cdot Q_p \cdot h_p \cdot 10^{-k_2 t} + q h_{ex} \cdot 10^{-k_1 t} = (\gamma \cdot Q_p + q) h_{ГПК}, \quad (4.12)$$

де  $h_p$ - значення БПК<sub>повн</sub> у річці;

$10^{-k_2 t}$  - множник, що пов'язаний з біохімічною реакцією в річці;

$K_2$ - константа швидкості реаэрации  $O_2$  з повітря;

$h_{ex}$ - значення БПК стічних вод після очищення;

$K_1$ - константа швидкості споживання кисню стічних вод на реакцію окиснення;

$t$ - термін протікання води від випуску до створу

$h_{ГПК}$  – гранично припустиме значення БПК у водоймі після скидання стічних вод.

$$t = \frac{\ell + 1000}{\vartheta_p \cdot 86400} ; \quad \ell_\phi = 1000, \text{ доб.} \quad (4.13)$$

$$h_{ex} = \frac{\gamma \cdot Q_p}{q \cdot 10^{-k_1 t}} \left( h_{ГПК} - h_p \cdot 10^{-k_2 t} \right) + \frac{h_{ГПК}}{10^{-k_1 t}} \text{ (мЛ/л)} \quad (4.14)$$

Визначимо необхідний ефект очищення по змісту БПК<sub>повн</sub> у стічній воді наступним чином:

$$\mathcal{E}_h = \frac{(h_{en} - h_{ex})}{h_{en}} \cdot 100\% (\approx 85\%) \quad (4.15)$$

#### **4.7. *Визначення необхідного ступеня очищення стічних вод за споживанням розчиненого кисню***

При відсутності даних про реаэрации водойми розглядаємо найгірший випадок, тобто органічні сполуки окиснюються тільки за рахунок розчиненого  $O_2$ . Вважається, що якщо кількість  $O_2$  не зменшиться за 2,5 доби і не стане нижче 4мг/л, то цей показник не зменшиться і далі.

Складаємо баланс.

$$\gamma \cdot Q \cdot Q_p - (\gamma \cdot Q_p \cdot h_p + q \cdot h_{ex}) \cdot 0,4 = (\gamma \cdot Q_p + q) \cdot Q, \quad (4.16)$$

де  $Q_p$  - зміст розчиненого  $O_2$  у воді ріки;

$Q$  - витрата води водойми, найменша середньомісячна 95% забезпеченості, м<sup>3</sup>/доб.

0,4- коефіцієнт перерахування повного споживання  $O_2$  за 2-х добовий термін.

Визначимо припустиме значення БПК у стічній воді за кисневим показником

$$h_{ex} = 2,5 \cdot \frac{\gamma \cdot Q_p}{q} (Q_p - 0,4 \cdot h_p - Q_{ГПК}) - \frac{Q_{ГПК}}{0,4}, \text{ мг/л} \quad (4.17)$$

де  $Q_{ГПК}$  - гранично припустима концентрація розчиненого у воді кисню.

Ефект очищення не визначаємо.

### Контрольні питання

1. Дати оцінку процесам самоочищення водоймищ. Розведення стічних вод у водоймах.
2. Дати оцінку бактеріальному самоочищенню водойми.
3. Обґрунтувати умови спуску стічних вод і види водойм культурно-побутового водокористання.
4. Визначення необхідного ступеня очищення стічних вод для водойм (баланс).
5. Визначення необхідного ступеня очищення СВ за вмістом зважених речовин і по БПК<sub>повн</sub>.
6. Визначення необхідного ступеня очищення СВ за споживанням розчиненого кисню.



## ТЕМА 5. Вибір методу та схеми очищення стічних вод

### 5.1. Методи механічного і фізико-хімічного очищення стічних вод і їхня сутність

Сутність методу полягає в механічному видаленні зі стічних вод нерозчинених домішок. Застосовуються споруди:

1. Решітки - для затримки великих отбросів, >5 мм.
2. Сита - затримка домішок розміром менш 5 мм.
3. Пісковловлювачі - відбувається осадження часток мінерального походження, головним чином піску.
4. Жировловлювачі, нафтовловлювачі, масловловлювачі, золувловлювачі - призначені для затримки забруднень більш легких, ніж вода.
5. Відстійники - призначаються для відстоювання зважених речовин з питомою вагою  $\gamma > 1 \text{Н/м}^3$  речовини осаджуються, а за  $\gamma < 1 \text{Н/м}^3$  - спливають.

Для очищення стічних вод від дуже дрібної суспензії застосовується фільтрування (виробничі стічні води).

Механічним очищенням можна досягти видалення зі стічних вод 60% зважених речовин і зниження БПК на 20%.

Механічне очищення є попередньою й обов'язковою стадією перед біологічним очищенням.

### **Методи фізико-хімічного очищення**

Їх сутність полягає в додаванні до стічних вод хімічних реагентів (флокулянтів і коагулянтів), що вступають у реакцію зі забрудненими стічними водами і сприяють випадінню нерозчинених колоїдів і частини розчинених речовин.

Деякі нерозчинені речовини перетворюють на нешкідливі розчинені.

Фізико-хімічне очищення інтенсифікує механічну, а у деяких випадках можуть замінити біологічну очистку.

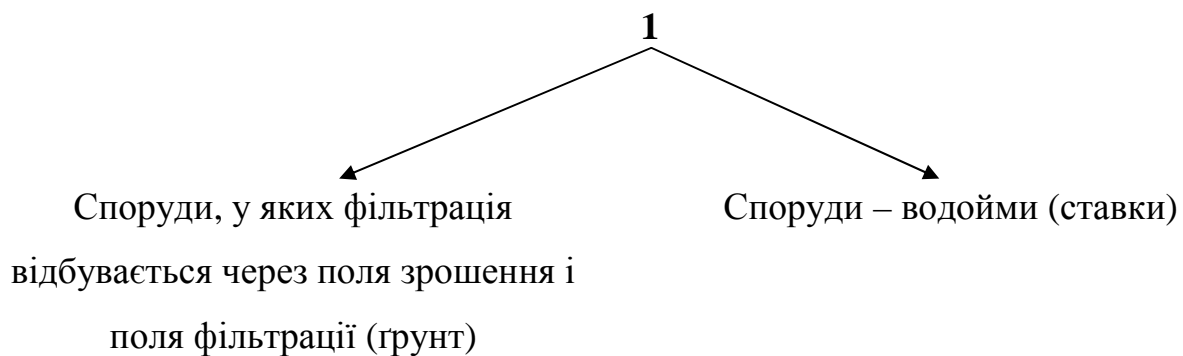
## ***Метод біологічного очищення, сутність, дезінфекція***

Його сутність полягає в мінералізації органічних забруднень, що знаходяться у стічних водах у розчиненому стані або у вигляді колоїдних речовин і не піддаються механічному очищенню.

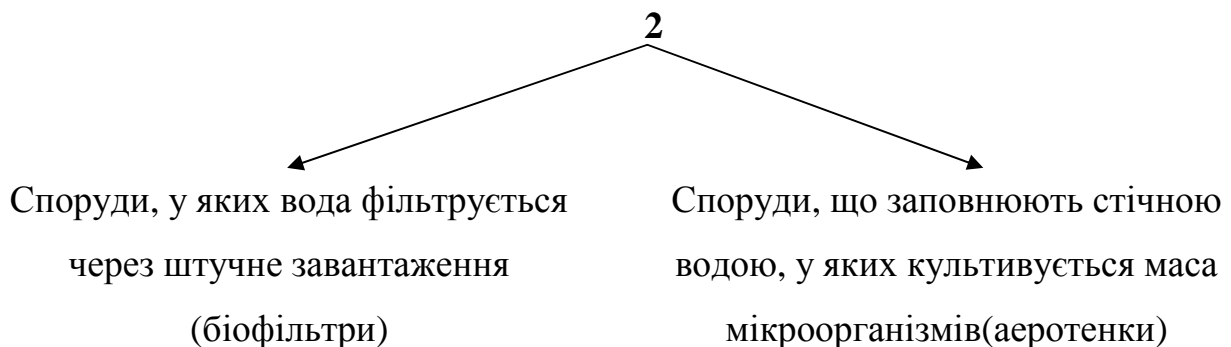
Засновано цей метод на життєдіяльності мікроорганізмів, для яких органічні забруднення є джерелом харчування.

***Існує 2-а типу спорудженні біологічного очищення;***

### **1. Споруди, у яких очищення відбувається природно:**



### **2. Споруди зі штучно створеними умовами:**



## ***Дезінфекція очищених стічних вод***

Біологічним очищенням не можна домогтися повного видалення всіх бактерій зі стічних вод. Тому вже очищені стічні води знезаражують (дезінфікують) рідким хлором або хлорним вапном.

Для цього процесу устатковують: хлораторну для готування розчину, змішувач для перемішування хлору з водою і контактний резервуар, де суміш стічної води із хлором знаходиться не менше 30 хв. для знищення бактерій.

### **Обробка осаду**

У процесі очищення стічних вод утворюється осад. У первинних, вторинних відстійниках і в контактних резервуарах. Осад має високу вологість (93 -99%), неприємний запах, здатність до загнивання і велику кількість бактерій і яєць і гельмінтів (глистів).

Для запобігання загниванню осад піддають дії анаеробних мікроорганізмів або аеробних у спеціальних спорудах:

1.Септики - горизонтальні відстійники, у яких осад випадає на дно і зброжується під товщею води без доступу повітря і кисню .

2.Двохярустні відстійники – комбіновані споруди, що складаються з відстійника у верхній частині і септика у нижній.

3.Метантенки - герметично закриті споруди, у яких в анаеробних умовах зброжується осад.

4.В аеробних умовах використовують аеробні стабілізатори. Осад піддається тривалому впливову аеробних мікроорганізмів.

**Для зневоднювання зброжуваного осаду використовують:**

1.Мулові площадки, де осад піддається сушінню у природних умовах.

2.Споруди для штучного зневоднення: вакуум-фільтри, вакуум-преси, центрифуги

Після висушування осад може використовуватися (утилізований) як добрива.

### **5.2. Схеми станцій для очищення стічних вод**

Вибір методу очищення і підбору складу споруджень являють собою складну техніко – економічну задачу і залежать від цілої низки факторів:

- 1)необхідного ступеня очищення стічних вод;
- 2)рельєфу місцевості;
- 3)енергетичних факторів;
- 4)характеру ґрунтів;
- 5)розміру площі для очищення споруджень;
- 6)витрат стічних вод;
- 7)потужності водойми.

Якщо стічні води скидаються до могутньої водойми, то за місцевими умовами можна обмежитися тільки їхнім механічним очищенням, склад споруджень може бути прийнятий за схемою 1.

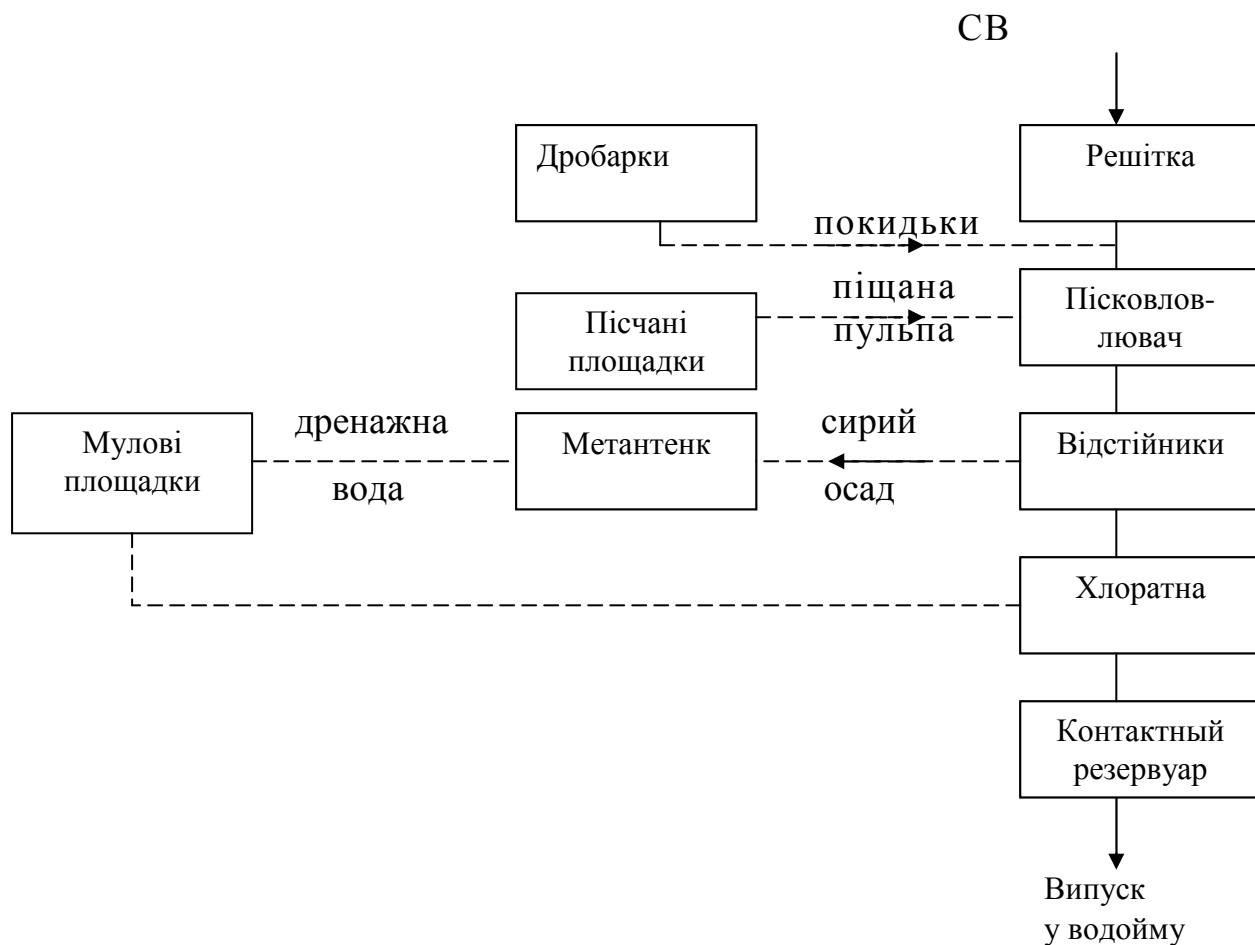


Схема 1 - Схема станцій з механічним очищенням стічних вод.

Схема 2 та 3 передбачаються переважно при очищенні виробничих стічних вод.

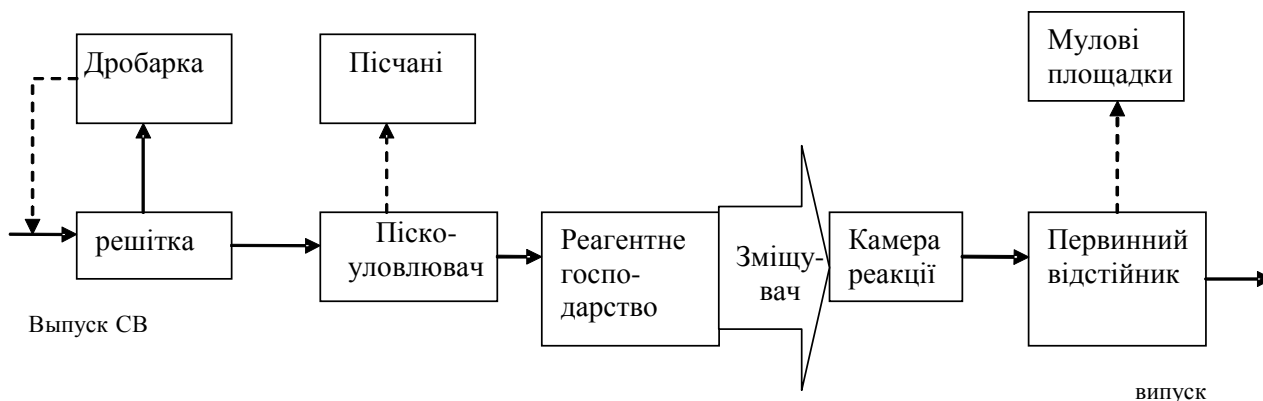


Схема 2- Схема хімічного очищення стічних вод

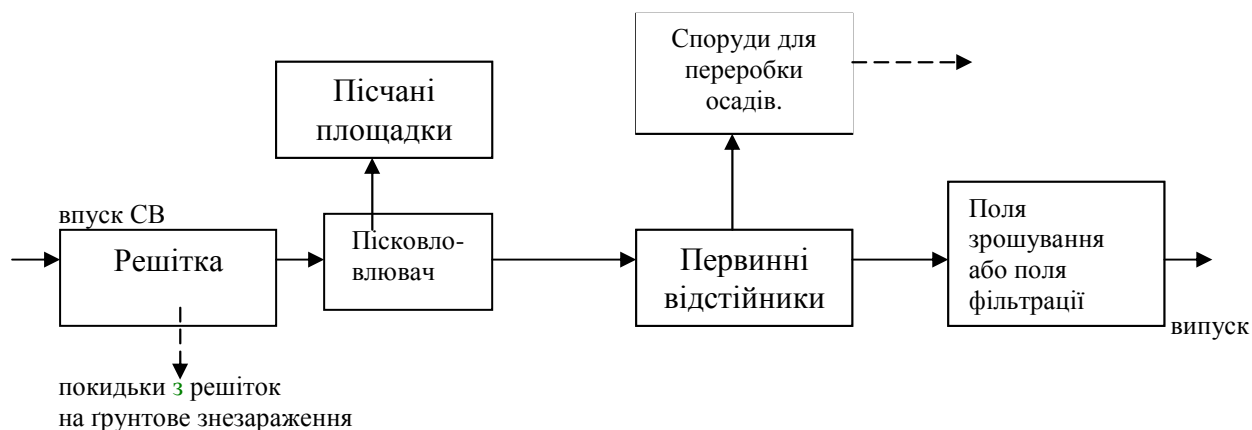


Схема 3- Схема біологічного очищення в природних умовах

Схема є типовою для очищення стічних вод у природних умовах. Знезараження стічних вод у цій схемі не потрібно. Ця схема може бути застосовуватися лише за наявності неподалік каналізуемого об'єкта великих територій для розміщення полів зрошення або полів фільтрації.

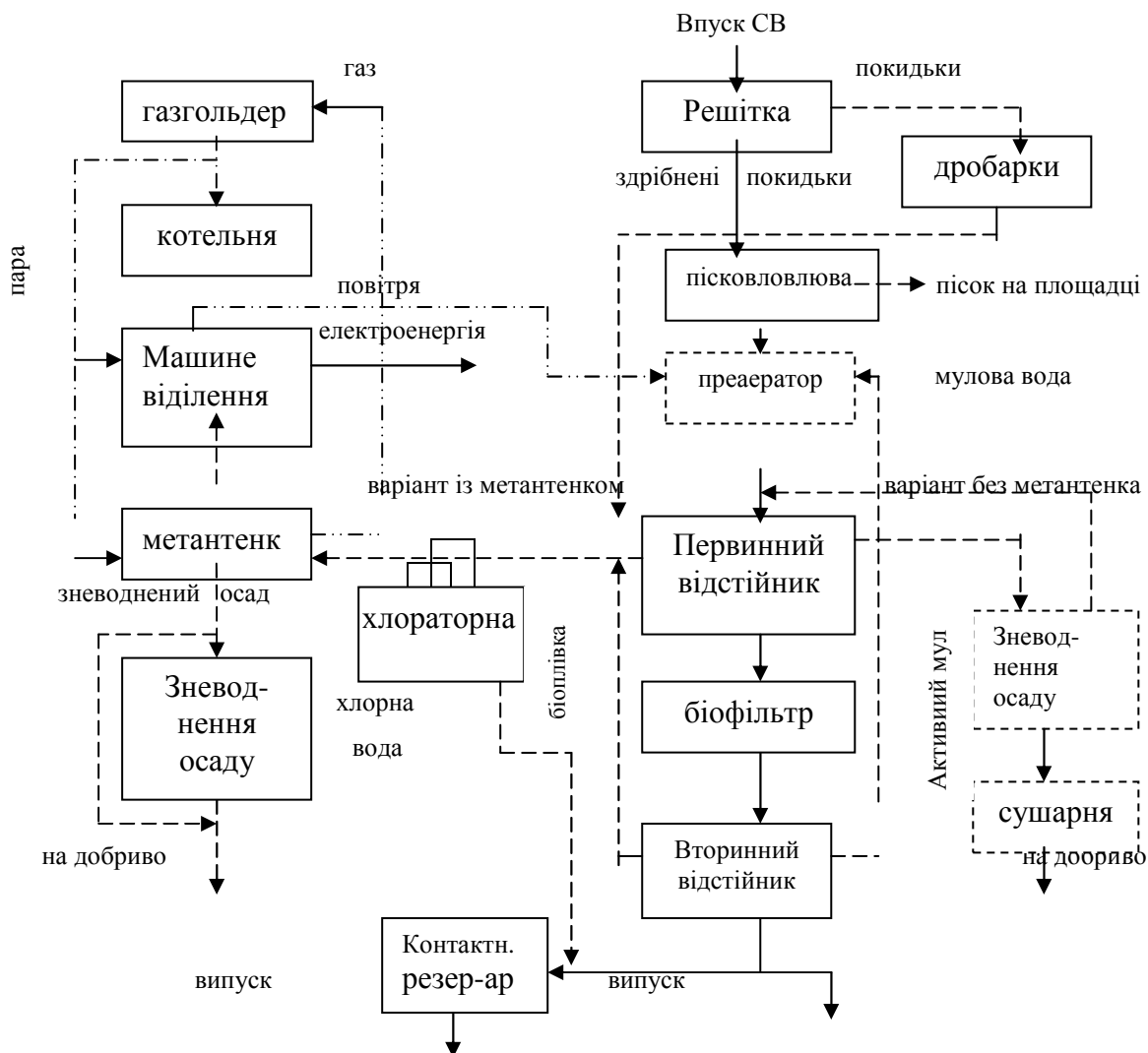


Схема 4 - Схема станцій з біологічного очищення стічних вод на біофільтрах

Ця схема 4 приймається для станцій продуктивністю до 50000 м<sup>3</sup>/доб.

Після споруд механічного очищення з преараторами вода надходить на біофільтри, а потім - на вторинні відстійники для затримки біологічної плівки шляхом осадження, що виноситься водою з системи біофільтра. Після дезінфекції вода скидається до водойми.

Для обробки суміші осаду з первинних відстійників застосовують метантенки. У них відбувається розпад органічної речовини з виділенням метану. Газ метан подається до газгольдерів, а відтіля - в котельню, де він спалюється. Отримана пара потрапляє в метантенки і служить для підігріву суміші осаду і біологічної плівки. Зброжуваний осад з метантенків надходить на споруди для зневоднення. Зневоджений осад найчастіше використовують як органічні добрива в сільському господарстві.

У схемі станції з метантенками метан може направлятися до машинного будинку, де встановлені газові турбіни для отримання електроенергії.

У варіанті станції без метантенків осад з первинних відстійників направляється на споруди для зневоднення, а потім - сушиться у сушарнях із зустрічними потоками і використовується як добриво.

За великих витрат стічних вод найширше застосовується схема 5.

Механічне очищення стічних вод проводиться на решітках, у пісковловлювачах і відстійниках, отброси з решіток направляються на дробарку, а дроблені отброси у вигляді пульпи скидаються до каналу перед відстійником. Осад з відстійників потрапляє в метантенк, де відбувається його мінералізація. Після відстійника стічні води подають на аеротенк, куди подається активний мул. Активний мул – це колонії аеробних мікроорганізмів, здатних окиснювати органічні речовини.

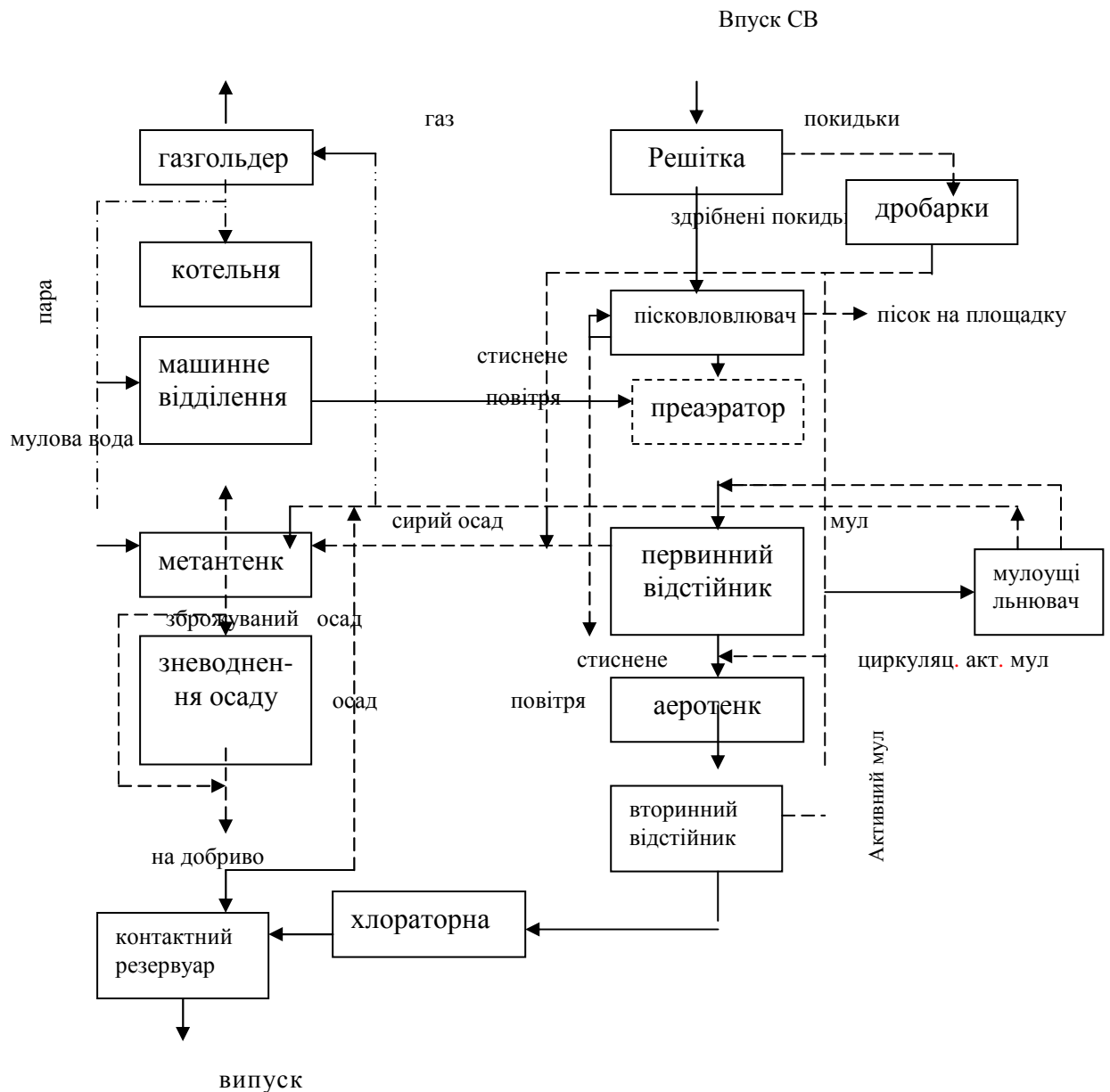


Схема 5 - Схема станції з біологічним очищенням стічних вод в аеротенках

Вміст аеротенків постійно перемішуються повітрям, що подається повітрорудувками, встановленими в машинному будинку. Суміш стічної рідини й активного мулу з аеротенка спрямовується на вторинний відстійник, де активний мул виділяється зі стічної рідини в аеротенк. В аеротенке маса активного мулу збільшується, тому частина його (надлишковий активний мул) подається в мулоуцільнювач, де обсяг його, зменшується в 4-6 разів за рахунок відділення води від мулу, а ущільнений мул перекачується в метантенк для зброжування. Зброжений осад направляється на зневоднення на вакуум-фільтр і потім на термічне сушіння, звідки він виходить у вигляді порошку або невеликих гранул.

В інших схемах станцій замість відстійників використовують біокоагулятори або освітлювачі, двоступінчасті аеротенки або біофільтри. Суміш осаду надлишкового мулу може оброблятися в аеротенках-мініралізаторах (замість метантенків), де суміш тривалий час продувається повітрям і органічна речовина мініралізується.

### **Контрольні питання**

1. Дати оцінку методам механічного і фізико-хімічного очищення стічних вод та їх сутність.
2. Обґрунтувати біологічне очищення у природних умовах.
3. Дати оцінку біологічного очищення у штучно створених умовах.
4. Обґрунтувати схему станції механічного очищення стічних вод.
5. Наведіть схеми і поясніть принцип роботи станцій для очищення стічних вод.



## ЗМ.2.2. МЕХАНІЧНЕ ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД

### ТЕМА 6. Споруди для механічної очистки стічних вод

#### 6.1. Приймальна камера

Стічні води надходять на очисні споруди під напором. Але оскільки стічні води очисними спорудами повинні йти самопливом, то використовують приймальну камеру або камеру гасіння для гасіння напору.

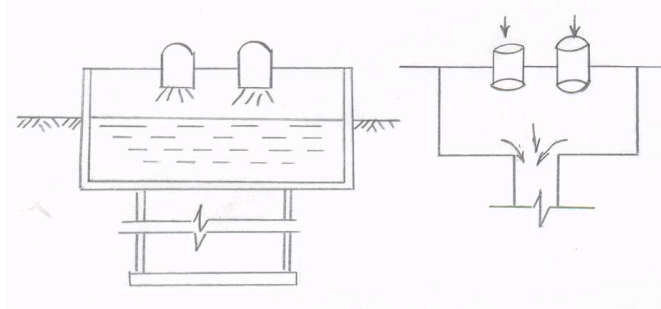


Рис. 1 - Приймальна камера  
1 - приймальна камера; 2 - залізобетонні кільця.

Приймальна камера являє собою з/б резервуар, ємність якого визначається за тах доцільною витратою. Він установлюється на опору з з/б кільця. Камера перекривається зверху щитами, які знімаються.

#### Лотки, канали, труби

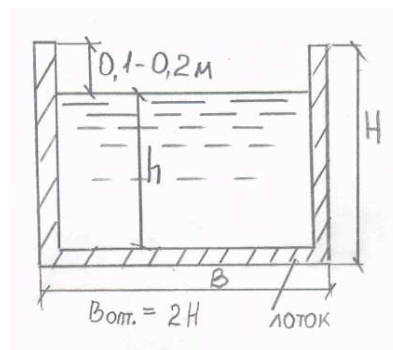


Рис. 2 – Залізобетонний лоток

Стічні води транспортуються очисними спорудами відкрити-ми лотками та каналами (швидкість руху складає  $0,6\text{ м/с} \leq v \leq 1\text{ м/с}$ ).

Застосування лотків і каналів переважне тому, що вони перекриваються щитами, які знімаються, тобто за ними легше спостерігати.

Будівельна висота каналу приймається на 0,1-0,2м вище рівня води, щоб уникнути підтоплення.

Транспортування стічних вод трубопроводом використовують на великих очисних спорудах і для подавання води до груп споруд.

Швидкості в трубопроводах повинні бути більшими ніж у каналах, щоб уникнути засмічення трубопроводів -  $0,6\text{м/с} \leq v_{\text{тр}} \leq 1\text{ м/с}$

### ***Пристрій для розподілу стічних вод***

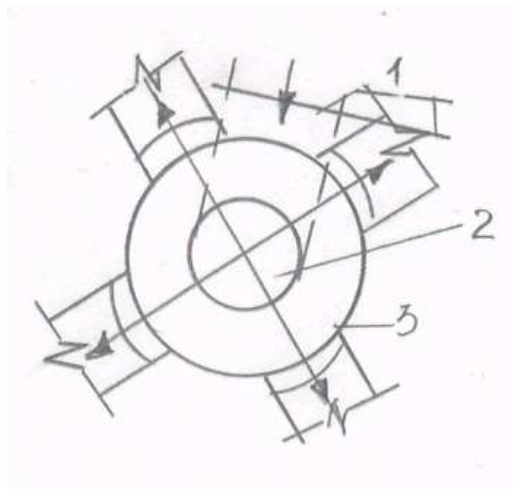


Рис. 3 - Водорозподільна чаша  
1 – дюкер; 2 - центральна труба з діаметром d; 3 – чаша.

Дюкером (1), що є підводом, стічна вода потрапляє до центральної труби (2) з колоподібним входом, який розташований вертикально і далі до чаші (3) із діаметром Д та розподіляється 4-ма одномірними спорудами. При виході із центральної труби стічна вода потрапляє до розширення зі співвідношенням  $D/d = 1,5$ , тому передбачається витікання стічної води через водозлив із широким порогом для зменшення гідравлічних утрат.

Лотки теж є водорозподільним пристроєм на очисних спорудах.

## **6.2. Водомірні пристрої**

### **Лоток Вентури**

Лоток Вентури є найбільш надійною конструкцією, яка широко застосовується на очисних спорудах.

За умови неможливості вимірювання витрат стічних вод на очисних спорудах здійснюють виміри у відкритих лотках Вентури, Паршала, трикутних водоймах. Лоток Вентури, який застосовують у каналах  $B=450-2400$  мм створює стискання потоку і перепад рівнів води. При цьому витрати визначаються рівнем води в (3) за допомогою самописних приладів і дифманометра.

Конструктивно лоток Вентури виконується із з/б або металу. За умови наявності корозійноактивних та токсичних речовин у стічних водах поверхня лотка покривається антикорозійним складом.

### **Лоток Паршала**

У лотках Паршала втрати напору нижчі, ніж в інших вимірювачах витрати і не створює перешкод для проходження твердих часток. Витрати води визначаються за графіком залежності між витратою і рівнем води у розрізі 1-1, що змінюється залежно від зміни витрат та зменшенням пов'язаним зі звуженням живого перетину потоку в (2) і збільшенням швидкості.

Лоток Паршала менш точний, ніж лоток Вентури, але більш витривалий.

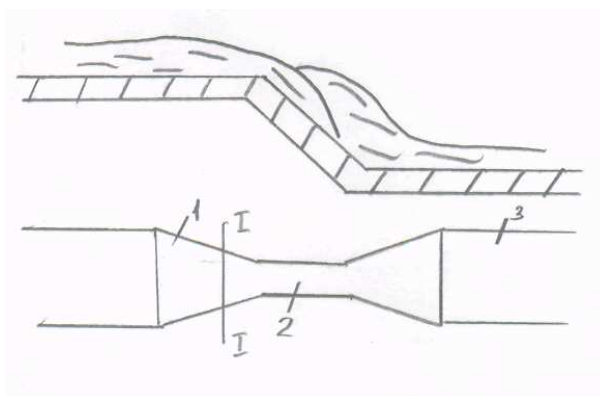


Рис. 4 - Лоток Паршала

**1** - розтруб для підведення; **2** - горловина; **3** – розтруб для відведення;  
**1-1** – контрольний перетин.

## *Решітки, конструкція, основні параметри*

Решітки служать для затримки зі стічних вод великих покидьків. Стічні води підводяться до решітки відкритим лотком. Решітки становлять собою металеву раму з металевими стрижнями. Щоб уникнути закупорки перетину, решітки періодично очищують. Вони встановлюються в пазах каналу, щоб полегшити заміну.

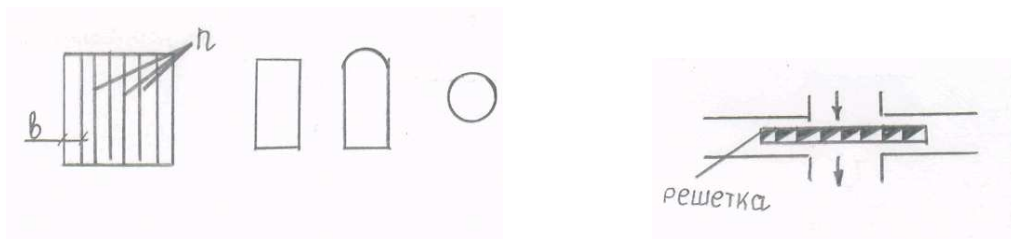


Рис. 5 - Установлення решітки

Через те, що решітки стискають живий перетин потоку, в місці встановлення канал розширюється. Найменший гідравлічний опір створюють стрижні круглого перетину, але вони гірші в експлуатації.

Ширина зазорів  $v=5 \div 25$  мм на очисних спорудах і  $v=30 \div 200$  мм на насосних станціях. На практиці  $v \leq 16$  мм не застосовуються.

Решітки встановлюють на всіх очисних спорудах, але якщо на головній НС зазори в решітках  $v=16$  мм, то на очисних спорудах решітки не потрібні.

*За конструктивними особливостями решіток їх поділяють на:*

- рухливі;
- нерухомі;
- сполучені з дробарками.

Рухливі періодично витягають для очищення. Найбільш широко застосовують нерухомі вертикальні решітки типу РМУ та із механізованими граблями типу МГ під нахилом.

*За способом очищення решітки поділяються на:*

- з механічним очищенням;
- з ручним очищенням.

Ручне очищення застосовують на малих очисних спорудах, коли –  $\Omega_p < 0,1 \text{ м}^3 / \text{доб}$  (кількість покидьків, що знімають із решіток).

Механічне очищення здійснюють за допомогою механічних грабелів, що рухаються за допомогою електродвигунів. Покидьки потрапляють на транспортери, а потім - у дробарки. Витрата електроенергії 1кВт х год. на 1000м<sup>3</sup> стічних вод.

Решітки розташовують в окремому будинку з температурою повітря не нижче 16 С°.

Після затримки покидьки потрапляють на дробарки. Здрібнені покидьки відкидають або в лоток перед решітками, або до метантенків для обробки. Вологість вилучених покидьків  $P_p = 8\%$ , щільність  $\rho = 750 \text{ кг/м}^3$ , Кількість покидьків з решіток обчислюють за формулою

$$\Omega_P = \frac{a_p \cdot N_c}{1000 \cdot 365}, \quad (6.1)$$

де  $a_p$  - питома кількість покидьків;  
 $N_c$  - приведене населення;  
 365 - кількість днів у році.

Вага отриманих покидьків обчислюється за формулою

$$P = \Omega_p \cdot \rho, \quad (6.2)$$

### ***Розрахунок решіток***

При розрахунку решіток визначають її розміри і втрати напору, що виникають при проходженні стічних вод через решітки. Ширина решіток  $B_p$ , кількість зазорів, площа живого перетину визначають за витратою стічних вод і заданою швидкістю руху стічної рідини через решітки, ця швидкість повинна бути такою, щоб затримані на решітках покидьки під впливом кінетичної енергії струменю не продавливалися через прозори. Виходячи з цієї умови,  $v_p$  приймають рівною 0,8-1м/с. Знаючи витрату води  $q$  за формулою

$$q = \omega \cdot v_p = b \cdot n \cdot h \cdot v_p \quad (6.3)$$

і визначивши швидкість  $v_p$ , та величину зазору решіток на глибину потоку  $h$ , знаходять кількість зазорів за формулою

$$n = \frac{q}{b \cdot h \cdot v_p} \cdot k_3 \quad (6.4)$$

а також ширину решіток

$$B_p = B_n + S(n - 1) \quad (6.5)$$

де  $k_3$  - коефіцієнт, що враховує стиснення потоку граблями і затриманими забрудненнями;

$S$  - товщина стрижня, мм.

Утрата напору на решітках може бути визначена за формулою

$$h_p = \xi \frac{v_1^2}{2g} \cdot K, \quad (6.6)$$

де  $v_1^2$  - швидкість руху води в каналі перед решітками, прийняте рівної 0,7-0,8 м/с;

$\xi$  - коефіцієнт опору;

$K$  - коефіцієнт, який враховує збільшення втрати напору за рахунок засмічення решіток, приймаємо рівним 3.

Коефіцієнт опору визначаємо за формулою

$$\xi = \beta \cdot \left( \frac{S}{B} \right)^{4/3} \cdot \sin \varphi, \quad (6.7)$$

де  $\beta$  - коефіцієнт, що залежить від форми поперечного перерізу стрижнів решіток, прийнятий: 1,79 - для круглих стрижнів, 2,42 - для прямокутних і 1,83 - для прямокутних із закругленими ребрами;

$\varphi$  - кут нахилу решіток до горизонталі.

### ***Решітки комінютори***

Широко застосовуються дробарки молоткового типу Д-3б продуктивністю 300-600 кг/год., які приводять в дію електродвигунами потужністю 22 квт. При дробленні подається технічна вода з розрахунку 40 м<sup>3</sup> на 1 т дроблених покидьків.

Вологість дроблених покидьків  $P_{др.покид.} = 98 - 98,5\%$ . За кількості понад 1 т/доб встановлюють резервну дробарку.

Кількість дроблених покидьків визначається за формулою

$$\Omega_{o.n.} = 40 \cdot \Omega_p \cdot \rho, \text{ м}^3/\text{доб.}, \quad (6.8)$$

де  $\Omega_{o.n.}$  - кількість дроблених покидьків;

$\Omega_p$  - кількість покидьків, що знімаються з решіток;

$\rho$  - середня щільність покидьків, приймаємо 750 кг/м<sup>3</sup>.

### 6.3. Пісковловлювачі, основні параметри

Пісковловлювачі призначені для затримки мінеральних домішок, що містяться у стічній воді. Необхідність попереднього виділення мінеральних домішок зумовлюється тим, що при роздільному виділенні зі стічної рідини мінеральних і органічних забруднень полегшує умови експлуатації споруд, призначених для подальшої обробки води й осаду - відстійників, метантанків та ін.

Принцип дії пісковловлювача заснований на тому, що під впливом сил ваги часток, питома вага яких більше, ніж питома вага води, відповідно до руху їх разом з водою у результаті випадає на дно. Пісковловлювачі повинні бути розраховані на таку швидкість руху води, за якої випадають тільки найважкіші мінеральні забруднення, дрібні ж органічні частки не повинні осісти. Пісковловлювачі звичайно розраховують на затримання піску крупністю 0,25мм і більш. Установлено, що за горизонтального руху води в пісковловлювачі, швидкість не повинна бути понад 0,3 і не бути меншою 0,15м/с. За швидкості руху понад 0,3м/с пісок не встигатиме осідати в пісковловлювачі, при швидкості менше 0,15м/с у пісковловлювачі будуть осідати органічні домішки, що вкрай не бажано.

Пісковловлювачі бувають горизонтальні, до яких вода рухається в горизонтальному напрямку, із прямолінійним або круговим рухом води, вертикальні; до яких вода рухається вертикально вгору, і пісковловлювачі з гвинтовим (поступально – обертальним) рухом води. Останні залежно від способу створення *гвинтового* руху можуть підрозділятися на тангенціальні й аерируємі. Широко застосовуються горизонтальні пісковловлювачі, вертикальні пісковловлювачі використовують рідко.

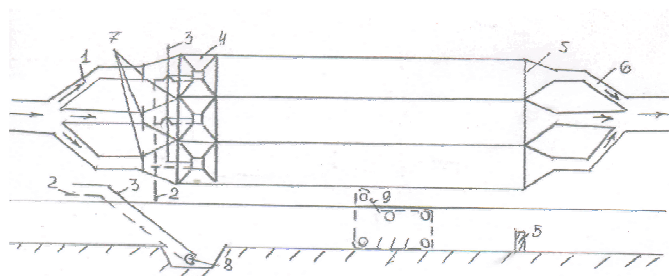


Рис.6 - Горизонтальний пісковловлювач

1 - лотки, що підводять воду; 2 – пульпопровід; 3 - подача технічної води до гідроелеваторів; 4 - пісковий приямок; 5 - водозлив; 6 - лотки, що відводять воду; 7 - щитові затвори; 8 – гідроелеватор; 9 - скребковий механізм.

Відділення пісковловлювача обладнано механічними шкребками для зрушення піску в приямок. Пісок з (4) відокремлюється за допомогою (8). Насоси гідроелеватора встановлюються в приміщенні решіток. Піскопульпа відокремлюється та спрямовується на піскові площадки або бункер. Можливе видалення піску за допомогою гідрозмиву.

### **Розрахунок пісковловлювачів**

$$1. L_s = 1000 \cdot k_s \cdot v_s \cdot H_s / v_o, \text{ м.}, \quad (6.9)$$

$$\text{за } q_{\max} \quad v_s = 0,3 \text{ м/с}; \quad \text{за } q_{\min} \quad v_s = 0,15 \text{ м/с}$$

де 1000 – коефіцієнт переведення із мм. у м.

$k_s$  - коефіцієнт, який залежить від типу пісковловлювача (СНіП)

$H_s$ -гідравлічна крупність піску, що має значення від 18-24мм/с і залежить від діаметра часток, що осаджуються, який дорівнює 0,2 ÷ 0,25мм;

$h_s$  - довжина пісковловлювача.

2. Площа дзеркала води пісковловлювача

$$F = \frac{q_{\max}}{v_o} \cdot \text{м}^2, \quad (6.10)$$

де  $q_{\max}$  - посекудні витрати.

Загальна ширина всіх робочих пісковловлювачів

$$B = F_s / h_s, \text{ м}, \quad (6.11)$$

$$B_s = 0,6 \div 6, \text{ м}; \quad B = B_s \cdot \Pi_s \quad (6.12)$$

де  $\Pi_s$  – кількість пісковловлювачів.

Правильність розрахунку перевіряється гідравлічним розрахунком

$$v_s = q_{\max} (B_s \cdot H_s \cdot n_s), \text{ м/с}, \quad (6.13)$$

$$v_s \leq 0,3, \text{ м/с},$$

де  $t_s$  - час перебування стічних вод у пісковловлювачі;

$$t_s = \frac{h_s}{v_s} \quad 30 \text{ сек} \leq t_s \leq 60 \text{ сек}, \quad (6.14)$$

де  $h_s$  – довжина проточної частини одного відділення горизонтального пісковловлювача.

Пісковловлювачі розраховуються на  $q_{\max}$ , і перевіряються на пропускну здатність  $q_{\min}$



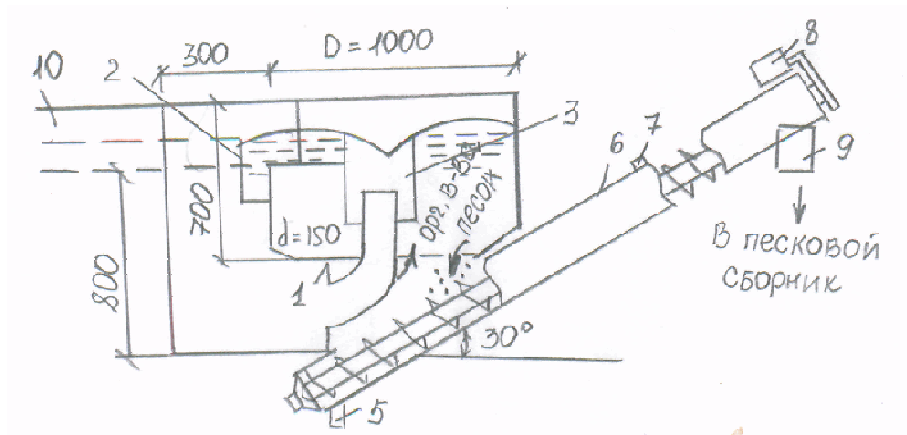


Рис.7 - Тангенціальний пісковловлювач

1 - осадова частина; 2 - нерухомий бічний водозлив; 3 - телескопічна труба;  
 4 - робоча частина; 5 – заглушка; 6 – шнек; 7 - отвір для скидання відмитих  
 органічних речовин; 8 - електродвигун з редуктором; 9 - штуцер для відводу піску;  
 10 – лотки, що подають і відводять стічну воду.

Тангенціальний пісковловлювач набув широкого поширення в закордонній практиці. Схема одного з них наведена (рис.6). Розрахунок проводиться на затримку піску з гідравлічною крупністю 18-24 мм/с (пісок крупністю 0,2-0,25 мм).

Стічна вода надходить до пісковловлювача по дотичній. Особливістю пісковловлювача є мала глибина її проточної частини. Навантаження на пісковловлювач приймається = 110 м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>год. (за мах припливі). Діаметр піскоуловлювача приймається не більше 6 м. Видалення затриманого піску здійснюється за допомогою шнека.

При швидкостях руху води в головному лотку 0,6 - 0,6м/с затримується близько 90% піску (головним чином крупністю більше 0,4мм). Вологість затриманого піску за коливань навантаження від 70 до 140 м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup> год. складає 19-20%, зольність - 94%, кількість піску від 14,5 до 40% крупністю менше 0,2мм.

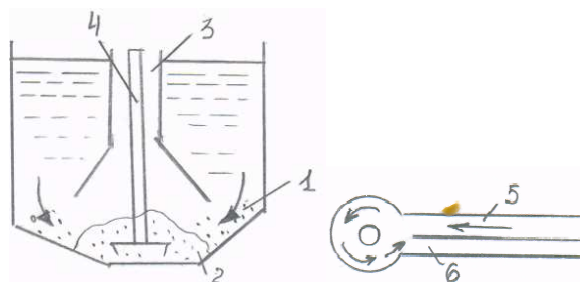


Рис. 8 - Пісковловлювач з коловидним рухом води  
 1 - осадовий жолоб; 2 - пісковий приямок; 3 - подача технічної води до  
 гідроелеватору.

#### 6.4. Способи видалення піску. Розрахунок об'єму піску.

##### Конструкція гідроелеватора

Добовий обсяг піску дорівнює

$$\Omega_s = \frac{a_s \cdot N_c}{1000}, \quad (6.15)$$

де  $a_s$ - питома кількість піску для горизонтальних пісковловлювачів  $a_s=0,02$ л/доб.чол;

$N_c$ - приведена кількість населення за зваженими речовинами.

Видалення піску механічним способом з пісколовок усіх типів передбачається при  $\Omega > 0,1$ м<sup>3</sup>/доб за допомогою скребкового механізму або гідромеханічним способом 1 раз на 2 доби. При цьому з пісколовки попередньо спускають воду, а потім відділяють пісок.

Дно пісковловлювача виконують з нахилом для полегшення видалення піску. Витрати води для гідрозмиву обчислюють за формулою

$$q_h = v_h \cdot l_{sc} \cdot b_{sc}, \quad (6.16)$$

де  $v_h$  - висхідна швидкість змивної води;

$l_{sc} = h_s - 2,5$  - довжина піскового лотка без пескового приямка;

$b_{sc} = 0,5$ м - ширина піскового лотка.

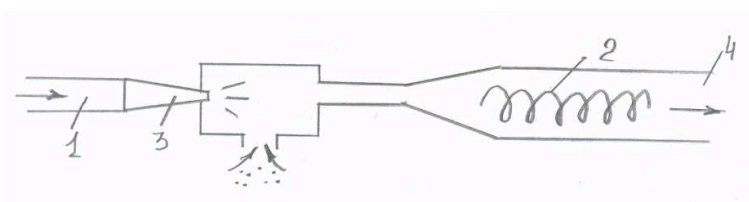


Рис.9 – Гідроелеватор

1 - робоча рідина; 2 – камера змішування; 3 – сопло; 4 – пульпопровід.

Робоча рідина I подається в сопло 3, створюється тиск у 3 атм. На виході утвориться зниження тиску, внаслідок перепаду тиску пісок засмоктується до камери змішування 2, перемішується і пульпопроводом 4 потрапляє на зневоднення.

Співвідношення робочої рідини і піску - 20:1 КПД =10 – 20

## 6.5. Відстійники

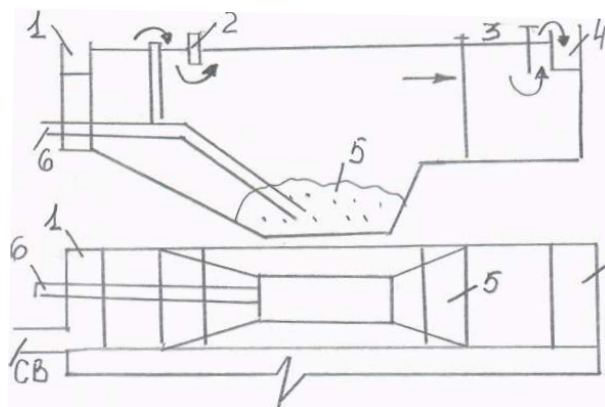


Рис.10 - Горизонтальний відстійник

1 - лоток, яким подається стічна вода; 2 – напівзаглиблина дошка; 3 – напівзаглиблина дошка; 4 - збірний лоток; 5 - приямок для скидання осаду; 6 – мулова труба.

Являє собою резервуар, розділений на кілька відсіків. Стічна вода через лоток, що подає стічну воду (1), надходить у торцеву частину, рівномірно розподіляється шириною і рухається горизонтально вздовж відстійника. Напівзаглиблина дошка (2) сприяє перерозподілу води по глибині відстійника. Напівзаглиблина дошка(3) призначена для затримки зважених речовин, які спливли. Освітлена вода збирається і далі через збірний лоток (4) розподіляється. На початку відстійника, там де випадає основний осад установлений приямок (5) для збору осаду.

Видалення осаду здійснюється плунжерними насосами при вологості 93,5% або під дією гідростатичного напору (вологість 95%). Осад, що розподіляється муловою трубою (6) називається сирим осадом. Збір осаду з приймку здійснюється за допомогою скребачки.

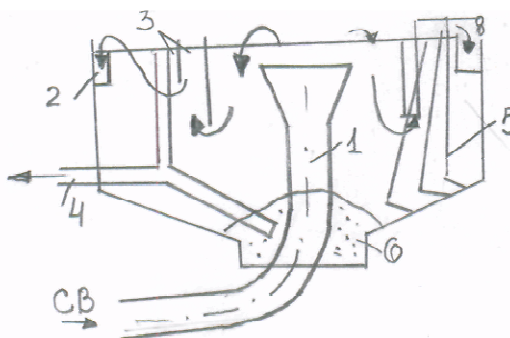


Рис. 11 - Радіальний відстійник

1 - центральна труба; 2 - збірний лоток; 3 - напівзаглиблені перегородки; 4 – мулові труби; 5 – рухома ферма з скребачками.

Радіальний відстійник (рис.6.1) являє собою круглий резервуар порівняно невеликий  $D=18 \div 40$  м і глибиною  $0,1 \div 0,15$  Дм.

Стічна вода подається по трубопроводу (1) і виливається у відстійну частину. Час освітлення 1,5 год. Освітлена рідина розподіляється через збірний лоток (2).

Перед водозливом установлюється кільцева напівзаглиблена стінка (3) для утримання завислих частинок, що спливли, які відводяться спеціальним трубопроводом.

Дно відстійника має ухил до мулового приямка (6) для накопичення осаду, що випав. Осад відділяється плунжерними насосами  $P=93,5\%$  або під дією гідростатичного напору  $P=95\%$ .

Радіальні відстійники поступаються горизонтальним відстійникам тим, що треба влаштовувати пересувну ферму для збирання осаду. Швидкість ферми 2-3 оберта на годину з іншого боку, - високий ступінь освітлення  $\Theta=60\%$ .

Економічно доцільно застосовувати при  $Q \geq 20000 \text{ м}^3/\text{доб}$ .

**Переваги:** 1-надійність у роботі, 2-ефект освітлення  $\Theta=60\%$ , 3-припустима концентрація 300-375 мг/л.

**Недоліки:** 1-ефективність освітлення менше  $\Theta=50\%$ , 2-допускається при витраті  $Q \leq 18000 \text{ м}^3/\text{доб}$ , тому що тах припустимий діаметр не більше 9 м, а при великих витратах необхідна серія цих відстійників, 3- велика глибина  $H=7 \div 9$  м.

### ***Розрахунок первинних горизонтальних відстійників***

Визначаємо довжину горизонтального відстійника

$$L_{set} = \frac{v_w \cdot H_{set}}{K_{set} \cdot U_0}, \text{ м} \quad (6.17)$$

де  $v_w$  - середня розрахункова швидкість у проточній частині відстійника, приймаємо 5-10 мм/с;

$K_{set}$  - коефіцієнт об'ємного використання, рівний 0,5.

Гідравлічна крупність визначається за формулою

$$U_0 = \frac{1000 \cdot K \cdot H}{\alpha \cdot t (KH/h)^n} - \omega \quad , \quad (6.18)$$

де  $\alpha$  - коефіцієнт, що враховує вплив температури  $t^0$  на її в'язкість;

$t$  – тривалість відстоювання в циліндрі із шаром води  $h$ , що відповідає заданому ефектові освітлення (С); визначається експериментально або приблизно для основних видів завислих речовин;

$n$  – емпіричний коефіцієнт, що залежить від властивостей суспензії; визначається експериментально;

$\omega$  - вертикальна складової швидкості руху води у відстійнику.

Середня розрахункова швидкість проточної частини

$$v = \frac{Q}{3,6 \cdot H \cdot B} \quad , \quad (6.19)$$

де  $B$  – ширина відстійника  $= 2 \div 5$  м (м), для радіальних відстійників (перетині на  $1/2$  радіуса).

$$v = \frac{Q}{3,6 \cdot R \cdot H} \quad , \quad (6.20)$$

### Контрольні питання

1. Дати оцінку водомірним пристроям. Їх конструкції.
2. Поясніть сутність роботи гідроелеватора.
3. Дати оцінку горизонтальному пісковловлювачу. Конструкції. Принцип роботи.
4. Проаналізувати роботу тангенціального пісковловлювача. Основні його параметри.
5. Схема пісковловлювача з коловидним рухом води.
6. Обґрунтувати необхідність використання горизонтальних відстійників.
7. Проаналізувати використання радіальних відстійників. Схема пристрою.
8. Проаналізувати використання вертикальних відстійників. Конструкція їх.

## ТЕМА 7. Попередня аерація та біокоагуляція

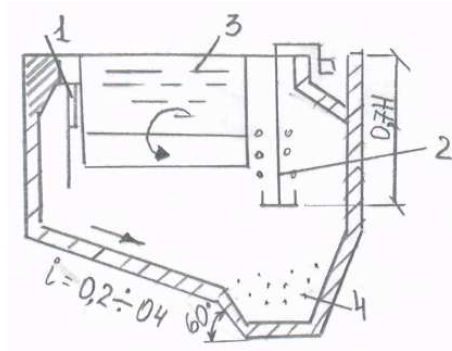


Рис. 1 - Аераторний пісковловлювач

1 - подовжня перегородка; 2- повітророзподільник; 3 - дефлектор перед випуском стічних вод; 4 - піскозбірний жолоб.

Аераторний пісковловлювач являє собою прямокутний резервуар і стічні води аерують, тобто продувають стисненим повітрям за допомогою дефлекторів або пластин, що знаходяться з одного боку пісковловлювач на глибині  $0,7H$  від його поверхні. Під аератором установлюється лоток для збирання піску. Дно пісковловлювача має поперечний ухил  $0,2-0,4$  для сповзання піску. Під дією аерації створюється спіралевидний рух стічних вод, що сприяє відмиванню піску від органічних забруднень. Постійна швидкість забезпечує підтримання у завислому стані органічних забруднень і перешкоджає їх випадінню. Отриманий осад вільний від органічних забруднень. Він містить 90-95% піску і не злежується за тривалого зберігання.

Аератори виконані з пластмасових труб з отвором  $D=3 \div 5$  мм або фільтрів.

Розрахунок аераторних пісковловлювачів виконують за умови створення обертання  $= 0,25-0,3$  м/с.

### ***Піскові бункери. Розрахунок***

Їх застосовують при  $Q \leq 75000$  м<sup>3</sup>/доб. Бункери розташовують як у будинку, так і поза ним залежно від кліматичних умов.

Застосування бункерів дозволяє цілком механізувати видалення піску. У зимовий період обігриваються гарячою водою, щоб уникнути піску. Витрата технічної води на промивання і гідротранспортування піску дорівнює 5 м<sup>3</sup> на 1 м<sup>3</sup> піску.

Витрата піскопульпи

$$\Omega_{mn} = \Omega_s \cdot (1 + 0,5), \text{ м}^3/\text{доб.}, \quad (7.1)$$

де  $\Omega_s$  - обсяг транспортованого піску.

Обсяг бункера

$$W_{\text{б}} = \Omega_{mn} \cdot 5, \text{ м}^3 \quad (7.2)$$

Топто бункер розрахований на  $1,5 \div 5$  добове збереження піску.

Як робочу рідину використовується вода після первинних відстійників.

### **Піскові площадки, розрахунок**

Піскові площадки – земельні ділянки, огорожені валами висотою 1 - 2м.

Навантаження на площадку передбачаються не більше  $3 \text{ м}^3 / (\text{м}^2/\text{рік})$  за умови періодичного вивозу піску(3 рази на рік).

Корисна площа піскових площадок складає

$$F = \frac{a_s \cdot N_c \cdot 365}{1000 \cdot h}, \text{ м}^2, \quad (7.3)$$

де  $a_s$  – питома кількість піску,  $a_s = 0,02$  л/доб.чол. для горизонтальних піско-вловлювачів,  $a_s = 0,03$  л/доб.чол. для аераторних пісковловлювачів.

$h$  – навантаження на площадку.

Кількість площадок (карт) для очисних споруд приймаємо не менш 2-х, квадратних у плані.

Для в'їзду в карту передбачаємо пандус з ухилом  $i=0,12 \div 0,20$  м, а дренажну воду спрямовуємо на початок очисних споруд.

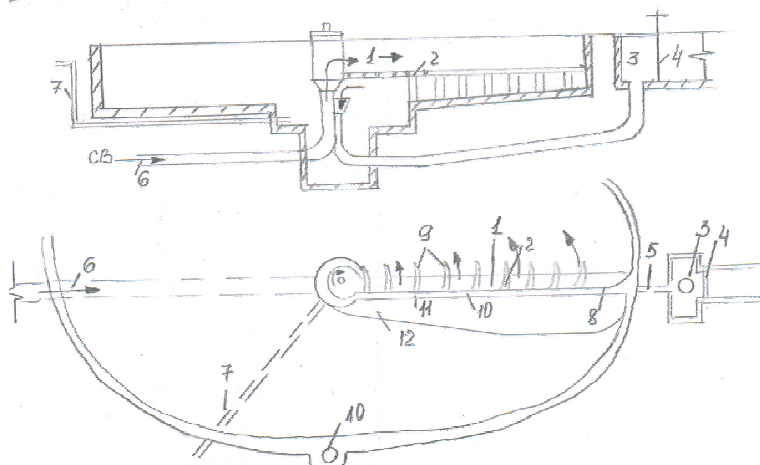


Рис. 2 - Радіальний відстійник з обертовими водорозподільними і водозбірними пристроями

- 1 - вільно обертовий жолоб; 2 - щілинне днище; 3 - відвідний зовнішній жолоб;
- 4 - шибер; 5 – водовідвідна труба; 6 - трубопровід подачі СВ; 7 – відвід осаду;
- 8 - подовжня перегородка в обертовому жолобі; 9 - струменеспрямовуючі лопатки;
- 10 - водозбірний лоток; 11 - затоплений водозлив; 12 - направляючий козирок.

Подача води у відстійник і відвід освітленої води здійснюються за допомогою вільно обертового жолоба розділеного подовжньою перегородкою на дві частини. З внутрішньої сторони лоток обмежений перегородкою знизу - щілинним днищем, а ззовні - розподільними ґратами з вертикальними щілинами, обладнані струменеспрямовуючими лопатками.

Щілинне днище виконане у вигляді жалюзійних ґрат, через поперечні щілини якої провалюються важкі частинки.

Струменеспрямовуючі лопатки мають обтічну форму і повертаються на будь-який кут; розміщуються вони таким чином, щоб тривалість перебування окремих струменів у відстійнику практично була однаковою.

Водозбірний лоток із затопленим водозливом має водонепроникні стінки і днище. З лотка вода відсмоктується сифоном у відвідний зовнішній жолоб. Сифон обладнаний регулятором витрати. У днища водозбірного лотка розташований направляючий козирок. Необхідна тривалість відстоювання залежить від глибини зони відстоювання і швидкості осадження часток, на затримку яких розраховується відстійник, тобто  $t=h_0/U_0$

Глибина  $h_0$  залежить від конструкції водоприймальних пристроїв; у випадку застосування лотків із затопленим водозливом вона зазвичай дорівнює від 0,8 до 1,2м.

Висоту нейтрального шару приймають від 0,5 до 0,61; глибину на шарованого осаду  $h_0$  від 0,3 до 0,4м.

### **Контрольні питання**

1. Проаналізувати аераторні пісковловлювачі. Принцип дії.
- 2.Схема радіального відстійника з обертовими водорозподільними і водозбірними пристроями.



## ТЕМА8. Методи очищення стічних вод підприємств

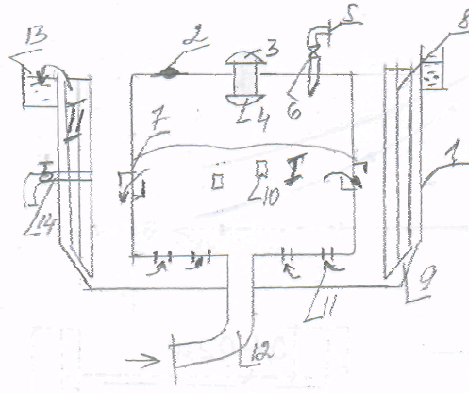


Рис. 1 - Окситенки

- 1 - круглий резервуар; 2 - герметичне перекриття;  
3 - електродвигун; 4 – турбо-аератор; 5 - подача кисню; 6 - електрофіцірована засувка;  
7 - циліндрична перегородка; 8 - вертикальна стяжка; 9 - скребачка; 10 - вікна для відводу мулової суміші; 11 - вікна для надходження поворотного мулу до зони аерації;  
12 – трубопровід для подачі стічної води у зону аерації; 13 - лоток для відводу очищеної води; 14 - трубопровід для відводу надлишкового мулу.

Окситенк призначений для інтенсивного процесу біологічного очищення стічних вод із застосуванням  $O_2$  (чистого) і для підвищення концентрації активного мулу.

Окситенк являє собою круглий резервуар і циліндричні перегородки 7, що розділяє окситенк на 2 зони:

I - зона аерації; II - муловіддільник.

У середній частині циліндричної перегородки влаштовують вікна 10 для випуску мулової суміші в муловіддільник. У нижній частині знаходяться вікна 11 для надходження поворотного активного мулу до зони аерації. На герметичному перекритті 2 зони аерації встановлені електродвигун 3, який обертає турбоаератор 4. Тут же знаходиться трубопровід подачі повітря 5. Муловіддільник обладнаний ґратами для перемішування з вертикальними стрижнями 8 ( $d=30$  мм) і скребачками 9. Стрижні на відстані 300 мм. Стічна вода надходить у зону аерації дюкером 12, під впливом швидкісного напору, що розвивається турбоаератором, мулова суміш через вікна 10 надходить до мулоушільнювача. Завдяки щиткам, що нагрівають, на вікнах 10 рідина в муловіддільнику рухається по колу.

### **Основні параметри окситенку**

У зоні аерації відбувається процес аерації і перемішування.

У муловіддільнику формуються 2 зони:

1 - циркуляційна;

2 – фільтра, на якому осідає мул.

Рух мулової суміші в сполученні з пристроєм, що перемішує та прискорює процеси відділення й ущільнення мулу. Очищені стічні води проходять через шар зваженого активного мулу і дочищають від зважених речовин і розчинених органічних речовин. Поворотний активний мул опускається і через вікна повертається до камери аерації.

В окситенку забезпечується збільшення ефективності очищення через використання кисню.

У газовій суміші над поверхнею води в зоні аерації знаходиться підвищений зміст  $O_2$ , завдяки чому в суміші стічної води створюється підвищена концентрація розчиненого  $O_2$ , що значно збільшує окисну здатність і дозу активного мулу. Завдяки високому змістові розчиненого  $O_2$  і ретельному перемішуванню в циркуляційній зоні одночасно протікає 2 процеси: 1- біологічне окиснення; 2- поділ мулової суміші на стічну воду і активний мул.

У зоні зваженого мулу відбувається також 2 процеси:

1 - освітлення очищеної води;

2 - до окиснення органічних речовин, що залишилися.

Оптимальними параметрами технологічного режиму окситенку є концентрація розчиненого кисню.

	окситенк	аеротенк
1. $C_{O_2}$ , мг/л	6-12	2-4
2. Доза мулу, мг/л	6-10	1,5-3
3. Період аерації $t_{at}$ , год.	2,5-3	16-20
4. КПД, %	90-95	

При цьому окисна площа окситенку більша в 5-6 разів. Капітальні витрати менші в 1,5-2 рази, а експлуатаційні витрати менші ніж в аеротенке в 2,5-3 рази.

Окситенки доцільно застосовувати там, де є власний кисень або його можливо одержати від сусідніх заводів.

### **Контрольні питання**

1. Поясніть схему роботи окситенку.

2. Які оптимальними параметрами технологічного режиму окситенку?

## ЗМ. 2.3. БІОЛОГІЧНА ОЧИСТКА СТІЧНИХ ВОД

### ТЕМА 9. Біологічна очистка у природних та штучних умовах

#### *Біологічне очищення стічних вод у природних умовах*

До них відносяться: поля зрошення, поля фільтрації, біологічні ставки. Уперше поля зрошення були застосовані в Одесі - 1888р., у Києві – 1895р., у Москві – 1898р.

*Застосування полів зрошення розв'язує одразу 2 завдання:*

- 1 - біологічне очищення стічних вод;
- 2 - вирощування сільськогосподарських культур.

У стічній воді від населення містяться цінні добривальні речовини: азот, фосфор, калій: 5:1:2.

Полями зрошення називаються спеціально підготовлені і сплановані ділянки землі призначені для очищення стічних вод і вирощування с/г культур.

Полями фільтрації називаються підготовлені і розплановані ділянки землі призначені тільки для очищення стічних вод.

#### **9.1. Класифікація полів зрошення**

***Розрізняють 2 види:***

1. Комунальні поля зрошення, призначення яких сприяє головним чином очищенню стічних вод, а с/г призначення має допоміжне призначення.

2. Сільськогосподарські поля зрошення, на яких очищення стічних вод і вирощування сільськогосподарської продукції становить єдине ціле. Такі поля влаштовують на полях колгоспу. Сільськогосподарські поля відрізняються від комунальних тим, що не вимагають спеціального планування. Витрата стічних вод складає - 5-20м<sup>3</sup>/га.

Необхідно первинне відстоювання тому що:

-стічні води містять патогенні бактерії і мікроорганізми. При первинному відстоюванні 1-2год. забезпечується видалення зі стічних вод 50-60% загальної кількості бактерій, але при цьому забороняється зрошувати стічними водами поля на яких вирощують овочі, що споживають в сирому вигляді.

-напрямок стічних вод на очищення без відстоювання призводить до закупорювання ґрунту зваженими речовинами.

### ***Пристрій полів зрошення і полів фільтрації***

Сільськогосподарські поля зрошення влаштовують у різних кліматичних регіонах, за винятком далекої Півночі. Вони не вимагають горизонтального планування і спеціального устаткування.

Комунальні поля зрошення вимагають горизонтального планування, розділення на карти і мають зрошувальну й осушувальну мережі. Площадки для комунальних полів зрошення і фільтрації варто вибирати на:

1) ґрунтах зі слабо вираженими рельєфом і ухилом понад 0,02 (на пісках, суглинках, легких суглинках). Глини і важкі суглинки не придатні тому, що заболочуються;

2) поля зрошення і поля фільтрації розташовують нижче водозабірних артезіанських споруд не нижче 200м для суглинків; 300м - для супісєй; 500м - для пісків;

3) стосовно населених пунктів розташовують з підвітряного боку на відстані залежній від витрати стічних вод  $Q \leq 5000 \text{ м}^3/\text{доб.}$  - більше 300м;

$Q = 5-50000 \text{ м}^3/\text{доб.}$  - більше 500м;  $Q \geq 50000 \text{ м}^3/\text{доб.}$  - більше 1000м.

По контуру мусить бути озеленення шириною 10-20м, переважно верби.

4) для збільшення вмісту кисню у ґрунті передбачається періодичний напуск стічних вод. Цей період дорівнює: - 5-10 днів для полів фільтрації; для полів зрошення - вказується режим на полив сільськогосподарських культур.

### ***Норма навантаження***

Для розрахунку полів зрошення і полів фільтрації необхідно знати норму навантаження, а саме: норму припустимих стічних вод, що можуть бути очищені на 1га за визначений проміжок часу.

Норма завантаження: залежить від характеру ґрунту; фаза вирощених культур; концентрації забруднень; кліматичних умові; водоповітряний режим.

Тривалість водоповітряного режиму визначається вологістю ґрунту, при цьому БПК сягає 5-10%.

Норма навантаження включає багато факторів:

- 1.Среднюдобову витрату стічних вод м<sup>3</sup> /доб. на рік;
- 2.Зрошувальну норму, кількість стічних вод необхідних для вирощування певної культури;
- 3.Поливну норму, кількість стічних вод необхідних на 1 поливання;
- 4.Удобрювальна норма, кількість стічних вод, що містить необхідну кількість добрив;
- 5.Норму тривалого зрошення для полів зрошення залежно від культури 2,5-8тис.м<sup>3</sup>/га.

***Допоміжні споруди на зрошувальній мережі. Розміри карт***

Розміри карт складають площу 5-8га за співвідношення сторін 1:2; 1:4. Мінімальна кількість карт - 3. Довжину карти з метою механізації приймають рівною 300 – 1500м. Ширина карти 100-200м; оскільки за більшої ширини важко здійснювати рівномірне зрошення.

Різниця оцінок двох сусідніх карт повинна бути => 1м., щоб уникнути просочування води й утворення зсувів.

На зрошувальних мережах розтошовують допоміжні споруди;

- 1)шлюзи-регулятори, для створення напору і підтримки постійного рівня стічних вод у розподільних каналах під час зрошення;
- 2)випуск для подачі стічних вод із картового зрошувача на карту;
- 3)весняний випуск, який встановлюється в самій зниженій частині карти для відводу поталих вод;
- 4)швидкі токи і перепади влаштовуються при значних ухилах;
- 5)дюкери на перетинанні доріг;
- 6)мости на перетинанні з осушувальними каналами.

## **Розрахунок полів зрошення і полів фільтрації**

Повна площа

$$\omega = \omega_{пол} + \omega_p + K(\omega_{пол} + \omega_p) , \quad (9.1)$$

де  $\omega_{пол}$  - корисна площа полів;

$\omega_p$  - резервна площа полів;

$K$  – коеф., що враховує збільшення площ полів за рахунок пристрою допоміжних споруд;  $K > 0,25$  при  $\omega > 1000$  га;  $K = 0,35$  при  $\omega \leq 1000$  га

$$\omega_{повн.} = \frac{Q}{q_0} , \quad (9.2)$$

де  $Q$  - середній приплив стічних вод у м<sup>3</sup>/доб;

$q_0$  - норма навантаження м<sup>3</sup>/га доб.

$$\omega_p = \frac{a \cdot Q}{q_{\phi}} , \quad (9.3)$$

де  $a$  – коефіцієнт, що залежить від середньорічної  $t^0$  ( $a = 0,5$  при  $t = 15^0\text{C}$ ;  $a = 0,75$  при  $t = 10^0\text{C}$ );

$q_{\phi}$  - розрахункова норма навантаження на резервні фільтраційні ділянки полів.

### **Площа наморозування**

$$\omega_{нам} = \frac{Q \cdot t_{нам} (1 - \beta)}{(h_{нам} - h_0) \rho} , \text{ га}, \quad (9.4)$$

де  $t_{нам}$  - тривалість наморозування дорівнює кількості днів з середньодобовою  $t$  повітря нижчою  $-10^0\text{C}$ ;

$h_0$  – шар зимових опадів;

$\beta$  - величина зимової фільтрації, залежить від фільтраційної здатності ґрунту: для легких суглинків -  $\beta = 0,3$ ; супісі -  $\beta = 0,45$ ; пісків  $\beta = 0,55$ .

$\rho$  - щільність льоду.

## **9.2. Процес біохімічного очищення в аеротенках**

Вперше аеротенки були запропоновані англійським хіміком Дибдином у 1887р. Аеротенки являють собою з/б резервуари, через які повільно протікають стічні води, змішані з активним мулом (активний мул, це пластівці густо заселені аеробними мікроорганізмами, здатними у присутності кисню здійснювати мінералізацію органічних сполук).

Успіх біохімічного очищення залежить від ретельного перемішування стічних вод з активним мулом і безперервної аерації усій суміші. Цим підтримується контакт стічних вод життєдіяльними бактеріями активного мулу.

*Подача повітря в аеротенки може здійснюватися:*

1- повітрянагнітальними машинами (повітрядувами, компресорами, вентиляторами);

2- шляхом засмоктування повітря з атмосфери механічними засобами (пневматичної і механічної аерації). У залежності від різновиду аерації аеротенки поділяються на 3 типи: 1-аеротенки з пневматичною аерацією; 2-аеротенки із механічною аерацією; 3-аеротенки з комбінованою аерацією.

***Процеси, що відбуваються в аеротенках, можна поділити на 4-ри фази:***

1- після змішування, стічних вод, що надійшли, з активним мулом відбувається адсорбція активним мулом органічних речовин, які знаходяться в розчиненому або колоїдному стані, а також у вигляді суспензії. Час цієї стадії 30хв.

2-біохімічне окиснення органічних речовин стічних вод, що легко окиснюються, до вуглекислого газу і води. У результаті відбувається різке зниження БПК (40-80%) і повне витрачання кисню на окисні процеси, таким чином, дефіцит кисню наближається до 1. Тривалість процесу 1 година.

3-синтез (одержання складних з'єднань з більш простих). Синтез клітинної речовини активного мулу з органічних речовин, що залишилися, за рахунок енергії, що виділилася в 2-ий фазі. Відновлення активної властивості активного мулу, тобто відбувається його регенерація. Швидкість споживання кисню значно нижча, ніж у першій і в 2-ий фазі. Приблизний час - 20годин.

4-ендогенний подих (окиснення клітинної речовини активного мулу). Відбувається нітрифікація амонійних солей. Це настає після 20-24годин аерації активного мулу і закінчується через 2-3доби. Для одержання надійних результатів очищення, за яких БПК стічних вод = 15-20мг/л необхідно, щоб у складі цих стічних вод було 5-6мг/л нітратів. Або якщо у стічній воді присутні 5-6 мг/л, то процес біохімічного очищення закінчено, тобто БПК досягло 15-20мг/л.

### Характеристика стану активного мулу в аеротенках

Основною характеристикою стану активного мулу в аеротенках є навантаження забруднення на мул  $q_i$  мг/г доб. - кількість БПК мг до одного г сухої речовини мг/г ( БПК сух. речов. на добу) на одиницю часу.

Навантаження характеризує кількість поданих забруднень. Кількість знятих забруднень характеризує окисна потужність - це кількість БПК у м<sup>3</sup>.

1 - доза (концентрація мулу) –  $a_i$  вимірюються г/л. Окисна потужність аеротенка тим вища, чим вище доза мулу вона міняється від 1-20г/л

2 - окисна здатність (окисна потужність) віднесена до однієї години називається швидкістю окиснення  $\rho$  мг/г год.-мг БПКповн. /на г беззольної речовини на годину – це основний розрахунковий параметр аеротенка.

3 - показник якості мулу - муловий індекс  $j_i$  см<sup>3</sup>/г. Це обсяг активного мулу після 30 хв. відстоювання, віднесений до 1г беззольної речовини. Оптимальні значення мулового індексу = 100-120 см<sup>3</sup>/г за цих умов мул вважають добре осідаючим. Добре мінералізований мул має муловий індекс = 60 – 90 см<sup>3</sup>/г.

При різкому перевантаженні, різка зміна температури або складу стоків мул спухає, індекс збільшується до 150-200 см<sup>3</sup>/г такий мул вважається незадовільним за його складом, тому що погано відокремлюється від води і погано осідає у вторинних відстійниках, а це означає, що він частково виносяться зі стічними водами. У результаті зменшується концентрація в аеротенках і погіршується ефект очищення.

4 - активний мул характеризується за віком  $\tau_{\text{доб}}$ . Віком мулу називають середню тривалість перебування активного мулу в системі аераційних споруд (аеротенках, вторинних відстійниках, дюкерах, трубопроводах).



## Конструктивні розходження за структурою потоків.

### 1. Аеротенки – змішувачі

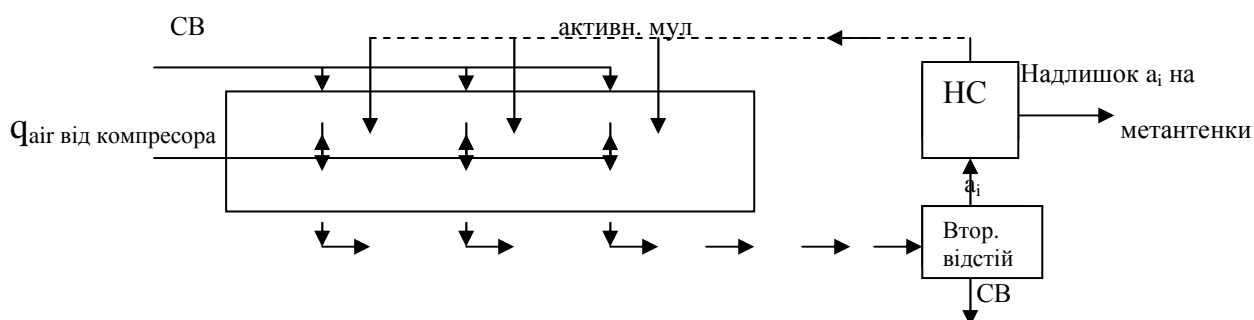


Рис. 1 -Аеротенки – змішувачі

Збільшення окисної потужності аеротенка може бути досягнуто усередненням швидкості споживання кисню і біохімічного окиснення протягом усього резервуару аеротенка. У цій схемі стічні води і активний мул подають рівномірно і розосереджено по одному боку аеротенка на відстані 3-4м один потік від одного. Збір очищеної рідини відбувається також розосереджено на протилежному боці. Аеротенки застосовують для стічних вод з високою концентрацією по органічних забруднень побутових і промислових стоків.

### 2. Аеротенки – витиснювачі

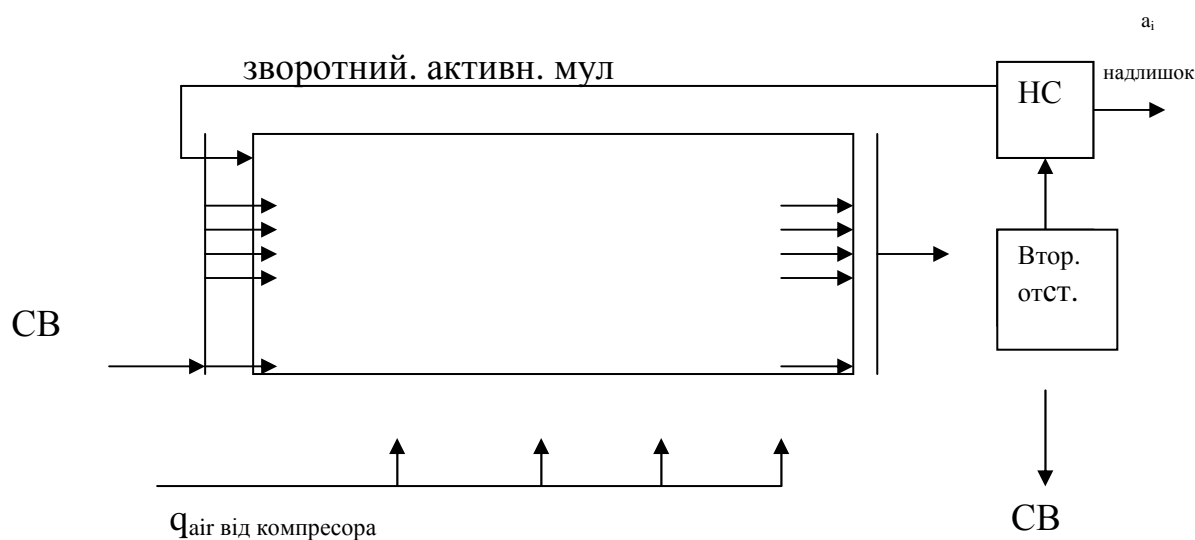


Рис. 2 - Аеротенки – витиснювачі

Стічні води і зворотний активний мул подають зосереджено по одному з торцевих боків аеротенка і виходить також зосереджено з протилежного боку.

Тут навантаження забруднень на мул і швидкість окиснення, окисна потужність, змінюється від максимальної на початку до мінімальної наприкінці споруди, тоді як в аеротенках - змішувачах однаково в всіх точках резервуара. Постачання аеротенка повітрям повинне забезпечуватися однаковими кисневим режимами у всіх точках споруди у витиснювачах. Це завдання ускладнюється тому, що різне навантаження на мул в усіх ділянках аеротенка, тому подача повітря у витиснювач диференційована.

### 3. Аеротенк із розосередженою подачею стічних вод

Умови окиснення наближаються до аеротенків-змішувачів. Ефект очищення дуже високий.

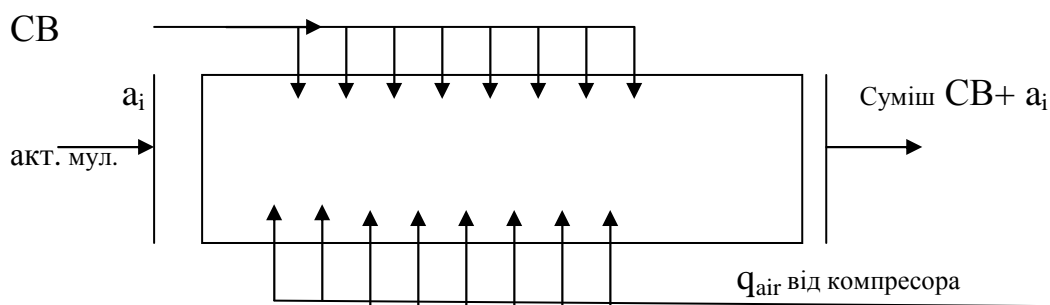


Рис. 3 - Аеротенк із розосередженою подачею стічних вод

### 9.3. Конструкція аеротенка з пневматичною аерацією

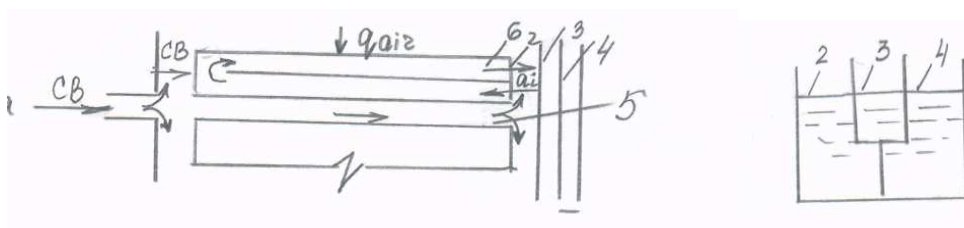


Рис. 4 - Двокоридорний аеротенк

Застосовується при обсязі реагентів до 50% обсягу аератора.

Аеротенки – це з/б резервуари прямокутної в плані форми. Довжиною  $l \geq 10 B$ . Обсяг резервуара 10-250 тис. м<sup>3</sup>/доб. Він складається із секцій, кожна з яких розділена коридором 2,3,4.

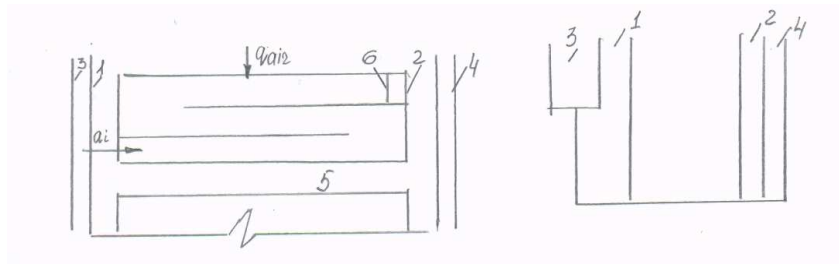


Рис. 5 -Трикоридорний аеротенк

1- верхній розподільний канал стічних вод; 2 - нижній розподільний канал стічних вод;  
3 - канал активного мулу; 4 - канал суміші, що відводить стічні води і активний мул;  
5 - пропускний канал; 6-водозлив.

Застосовується при обсязі від регенерації 30%. Зброжується активний мул і повітря.

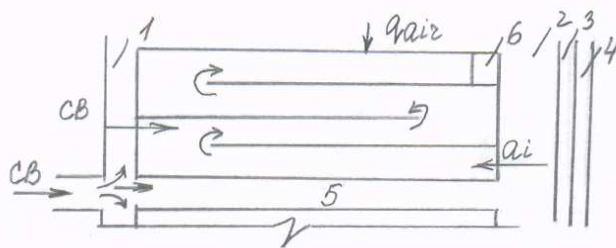


Рис. 6 -Чотирікоридорний аеротенк

Найбільш поширена і найбільш гнучка система. Вода надходить до аеротенка через затоплений водозлив.

#### 9.4. Способи пневматичної аерації

Стиснене повітря подається до аеротенків повітрядувками металевими або пластмасовими трубами. Розподіл стиснутого повітря в товщі води здійснюється за допомогою аератора. При цьому розрізняють 3 види аерації:

- 1 - дрібнобульбашковий з крупністю бульбашок 1-4мм;
- 2 - середньобульбашкова - 5-10мм;
- 3 - крупнобульбашкова більше 10мм.

До 1-ого виду відносять пластикові, керамічні, тканеві аератори; До 2-го - перфоровані труби і щілинні аератори; До 3-ого вертикальні труби відкриті до низу, сопла.

Фільтрос являє собою пластину 300x300мм товщиною 35мм, виконану із шамоту (обпалена глина з рідким склом).

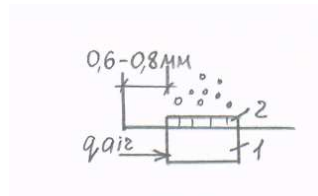


Рис. 7 - Фільтросна пластина  
1- канал; 2 – фільтроси.

Стиснене повітря подається в канал 1, розташований у днищі аеротенка по всій його довжині і перекритий фільтросами 2. Установка фільтросів у металевих ящиках по 5-10 штук у ящику. Ці ящики можна виймати для огляду. Фільтроси розташовуються на дні аеротенку на відстані 0,6-0,8м від стіни і це сприяє обертанню, рухові рідини, тому що в аеротенках відбувається поступальний рух, тобто при однобічному розташуванні фільтросів в аеротенках утвориться спіралеподібний рух мулової суміші. Площа, яку займають фільтроси складає 6-10% від загальної площі.

**Переваги:** 1. Утворюються дрібні бульбашки повітря збільшиться поверхневий контакт зі стічними водами; 2-більш рівномірна аерація, ніж у дірчастих трубопроводах.

**Недоліки:** можливість засмічення і поступове зменшення проникності фільтросів, отже, недовговічність. 6-7 років за умови періодичного очищення.

#### Дрібно бульбашкові

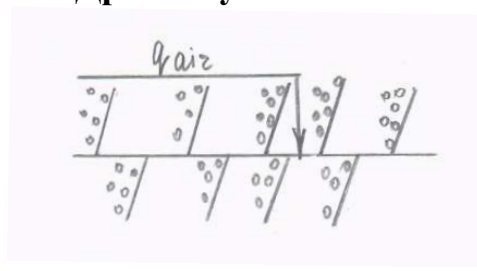


Рис. 8 - Апарат "Шумахер" Д=500

**Переваги:** 1. Менше засміченість; 2. Можливість вийняти цю систему з аератора за допомогою лебідки.

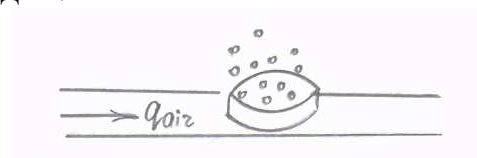


Рис. 9 - Тканий аератор.

**Недоліки:** Необхідно спорожнювання.

## Середньо бульбашкові

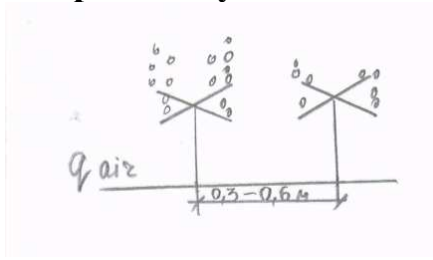


Рис. 10 - Аератор «Спаржер»

Складається з хрестовини з відкритими кінцями труб. «Спаржери» насаджують через кожні 0,3-0,6 м на повітрярозподільник. Над аератором «Спаржер» утворюється ділянка високої турбулентності, внаслідок чого відбувається вторинне дроблення повітря й утвориться хмара дрібних бульбашок.

**Недолік:** Труби, що укладаються на дні аеротенка, з отворами  $D=3-4$  мм, отвори часто засмічуються іржею.

## 9.5. Біофільтри

### *Сутність процесу очищення. Класифікація біофільтрів*

Очищення стічних вод на біофільтрах можуть відбуватися за 2-х умов: обтікання біоплівки стічною водою при краплинному і плівковому зрошенні. Режим краплинного зрошення характеризується повільним обтіканням рідини з однієї частки сипучого завантаження до іншої у вигляді крапель. Повітря при цьому потрапляє між частками завантаження, змиваючи плівку, що формується на завантаженні. Так працюють краплинні біофільтри, що завантажуються низько. Якщо підвищити гідравлічне навантаження на краплинний біофільтр, обтікання завантажувального матеріалу буде відбуватися у вигляді плівки рідини стікаючої безупинно з однієї частки на іншу, але при цьому погіршуються умови аерації біоплівки і знижується ефект очищення. Щоб при плівковому зрошенні не погіршилися умови аерації, необхідно збільшити крупність шматків сипучого завантаження. Так з'явилося блокове завантаження, яке може виконуватися у вигляді блоків або комбінацій плоских аркушів.

Біофільтри з плівковим зрошенням можуть бути конструктивно оформлені у вигляді крупнофракційного сипучого або блокового завантажень і застосовуються для очищення стічних вод на малих очисних спорудах, якщо

забруднення знаходяться у фазі дрібнодиспергованих суспензій і мають при цьому низьку концентрацію.

Величину навантаження на краплинний біофільтр визначають за їхню окисною потужністю – це кількість кисню одержане з одного кубометра фільтруючого матеріалу на добу для зниження БПК, що спрямовують на біофільтр стічні води.

Гідравлічне навантаження на краплинний біофільтр на 1-2 м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup> поверхні біофільтра в добу.

Крупність завантаження при висоті біофільтра 2м складає від 30 до 50 мм. Окисна потужність 0,15-0,3 кг/м<sup>3</sup> доб. по знятій БПК.

Вентиляція в біофільтрах природна. Площа отворів для повітря повинна складати не менше 1% від площі біофільтра. Об'єм фільтраційного матеріалу для очищення 1м<sup>3</sup> стічних вод на добу дорівнює

$$\omega = \frac{L_{en} - L_{ex}}{OM}, \quad (9.7)$$

де  $L_{en}$  - БПК води надходить на біофільтр;

$L_{ex}$  – БПК очищених вод.

Припустиме навантаження стічних вод м<sup>3</sup> на добу на м<sup>3</sup> фільтруючого матеріалу складає

$$q_0 = \frac{OM}{L_{en} - L_{ex}} \quad (9.8)$$

Вентиляція біофільтра необхідна для постачання аеробних організмів, O<sub>2</sub> повітря і видалення з товщі завантаження продуктів життєдіяльності мікроорганізмів, що утвориться в процесі, CO<sub>2</sub>.

Рух повітря у фільтруючому завантаженні біофільтрів при природній вентиляції відбувається внаслідок різниці температур, коли очищаються стічні води і повітря.

Якщо t<sup>0</sup> стічних вод вище температури повітря, то рух повітря при завантаженні біофільтра буде висхідним, тобто від дренажу до поверхні біофільтра.

При зворотному співвідношенні t<sup>0</sup> – спадний. За умови рівності температур – рух повітря стає мінливим і можливе припинення доступу його в тіло біофільтра.

Інтенсивність вентиляції біофільтрів залежить від їхньої висоти і розмірів зерен завантаження, чим вище біофільтри, тим краща в них тяга повітря.

Чим дрібніші зерна фільтраційного матеріалу, тим більше опору при русі повітря у фільтрі.

Доступ повітря до біофільтра забезпечується через дренаж, шляхом створення отворів або щілин у поверхні стін, що огороджують біофільтр на висоті міждоного простору.

Вентиляція біофільтрів шляхом створення ажурних стін або отворів у них себе не виправдало, тому що повітря проникає крізь отвори всього лише на глибину 2-3м від них, і при цьому вони сприяють додатковому охолодженню біофільтрів.

При штучній вентиляції повітря подається вентиляторами в закриті намети біофільтрів або нагнітається в міждоний простір. Повітря попередньо нагрівається. Для підрахунку необхідної кількості повітря користуються формулою Базякіної

$$W_{нов.} = \frac{OM}{21}, \quad (9.9)$$

Необхідна кількість повітря в м<sup>3</sup> на 1 м<sup>3</sup> фільтруючого матеріалу на добу, де OM - г/м<sup>3</sup> доб.

21 - зміст O<sub>2</sub> у повітрі в %.

Температура в тілі біофільтра не повинна бути нижчою +6<sup>0</sup>С, тому що при більш низьких температурах біохімічний процес окиснення органічних речовин загасає.

### ***Класифікація біофільтрів***

#### ***1. За ступеннем очищення:***

- біофільтри працюють на повне навантаження (зниження БПК на 90-95%);
- біофільтри працюють на неповне навантаження (зниження БПК на 40-80%).

#### ***2. За способом подачі повітря:***

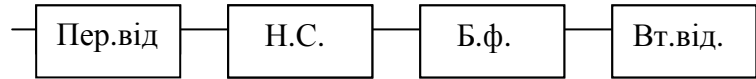
- із штучною подачею повітря (назва аерофільтри, найбільш застосовні);
- із природною подачею.

### 3. За режимом роботи:

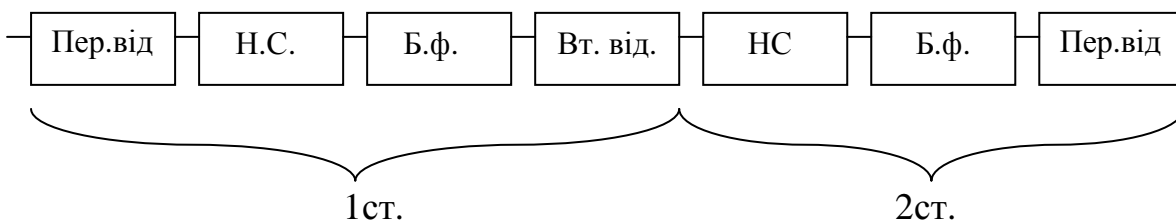
- біофільтри працюють з циркуляцією;
- біофільтри працюють без циркуляції.

### 4. За технічною схемою:

- одноступінчасті
- двоступінчасті:



- 1) за несприятливих кліматичних умов;
- 2) за необхідності більш високого ступеня очищення;
- 3) за можливості збільшенні висоти біофільтра.



### 5. За пропускною здатністю:

- малої пропускної здатності (БПК < 220 мг/л краплинні Q до 1000 м<sup>3</sup>/доб);
- середньої пропускної здатності (БПК до 300 мг/л Q від 10000 до 50000 м<sup>3</sup>/доб, баштовий);
- великої пропускної здатності (високо навантажені БПК < 250 мг/л Q від 10 до 50 тис. м<sup>3</sup>/доб).

### 6. За особливостями завантажувального матеріалу:

#### а) **об'ємного завантаження:**

- крапельні біофільтри, що мають висоту завантаження 1 -2 м із крупністю фракцій 20 -30 мм;
- високо навантажені біофільтри, що мають висоту нашарування завантаження 2-4 м і крупність фракції завантажувального матеріалу 40-60 мм;
- баштові біофільтри, що мають висоту завантаження 8-16 м і крупність фракції завантаження 60-80 мм.

#### б) **площинні:**

- біофільтри з твердим завантаженням у вигляді обрізків труб, кілець та ін. матеріалу, висота нашарувань 1-6м, пористість 70-90%;



- біофільтри з блоковим завантаженням (блокове, тверде завантаження), що складається з плоских і гофрованих листів із азбестоцементних або пластмасових блокових матеріалів. Із пластмасових блоків 2-16м, пористість 90-97%. З азбестоцементних 1-6м, пористість 80-90%;

- біофільтри з м'яким завантаженням: з металевих сіток, синтетичних тканин, пластмас, плівок, що кріпляться на каркасі. Висота нашарування завантаження 3-8м, пористість 94-99%.

### **Контрольні питання**

1. Обґрунтувати біологічне очищення в природних умовах. Сутність процесу.
2. Дати оцінку біологічного очищення в штучно створених умовах. Сутність процесу. Споруди.
3. Проаналізувати поля зрошення і поля фільтрації. Класифікація полів зрошення.
4. Обґрунтувати пристрій полів зрошення і фільтрації. Норма навантаження. Допоміжні споруди.
5. Дати оцінку методам біологічного очищення. Сутність.
6. Обґрунтувати сутність процесу очищення в аеротенках. Активний мул. Склад його. Призначення і характеристики його стану.
7. Дати оцінку конструкції аеротенків, що розрізняються за структурою потоків.
8. Проаналізувати способи пневматичної аерації.
9. Обґрунтувати застосування біофільтрів, сутність процесу очищення. Класифікація біофільтрів.
10. Проаналізувати повне біологічне очищення стічних вод у одноступінчастій схемі аеротенків з регенерацією і без.

## ТЕМА 10. Методи та споруди для доочищення стічних вод

### 10.1. Біологічні ставки

Біологічні ставки – являють собою неглибокі земляні резервуари, у яких відбувається біологічна очистка стічних вод.

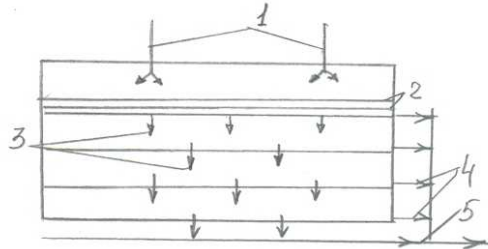


Рис. 1 - Схема біологічного ставка

1 – впуски; 2 – тини; 3 – лотки;

4 – запасні випуски для спорожнювання ставок; 5 – відвідна канава.

У ставках відбуваються біологічні процеси очищення, які аналогічні процесам самоочищення у природних водоймах.

**Маються наступні види (типи):**

1. Ставки для біологічного очищення природних стічних вод (без розведення).
2. Ставки для доочищення очищених стічних вод.
3. Рибоводні ставки (з розведенням).

**1 тип:** влаштовується у вигляді 4-х -5-и ступіней або серій (серійні ставки – 4-5 серій).

У 1-ому, ставку передбачені поперечні стінки 2 з тинів, що поліпшують розподіл рідини, утримують речовини, що спливають. Ступінь очищення з кожною ступінню підвищується. Площа 1-ої ступіні дорівнює 2-2,5 га. Валики, що розділяють ступінь, мають ширину по верху 1-1,5 м. Ставки роблять не великої глибини – 0,5-1м. Це поліпшує аерацію, перемішування і прогрівання. За сприятливих умов розвивається планктон, що збагачує воду киснем. В останніх 2-х ставках вода містить розчинений кисень, тому у них розводять рибу.

У кожному ставку добудовують запасну випускную канаву, що відводить рідину, для спорожнювання ставок. Час перебування в ставках – 2,5-10 діб.

Навантаження на ставки  $250 \text{ м}^3/\text{га}$  доб.

**2 тип:** влаштовується аналогічно, але у вигляді 2-3 серій. Площа 1-ої ступіні 2-2,5га. Час перебування у ставках – 2,3-10діб., навантаження –  $5000 \text{ м}^3/\text{га}$  доб.

Другий тип може бути використаний для розведення риби.

**3 тип:** складається з 1-го ставка після попереднього очищення (механічного), тобто розбавляється 1:3 або 1:5 чистою водою. Чиста вода береться з найближчої водойми. Навантаження стічних вод  $q = 125-300 \text{ м}^3/\text{га}$  доб.  $S=0,5-7 \text{ га}$   $t=8-12$  доб.

У цих ставках також розводять рибу. Вартість і експлуатаційні витрати менші в 1-ому і 2-ому типах, ніж у 3-ім.

Вміст яєць гельмінтів після очищення мізерний, кількість кишкових паличок після очищення (реакція посіву) складає 90-99,9%. Біоставки працюють при температурі стічних вод  $> 6^{\circ}\text{C}$ . При зменшенні температури, особливо при утворенні льоду ставки експлуатуються 4-5 місяців, у південних районах 7-9 місяців. Проектують їх зі штучною або природною аерацією (пневматичною або механічною). За очищення при природній аерації  $h_{\text{en}} \leq 200 \text{ мг/л}$ , при штучній аерації  $h_{\text{en}} \leq 500 \text{ мг/л}$ .

У ставках для доочищення допускається  $h_{\text{en}} \leq 25 \text{ мг/л}$  із природною аерацією (3 тип) і  $h_{\text{en}} \leq 50 \text{ мг/л}$  при штучній аерації.

Перед ставками необхідне механічне очищення на решітках із зазорами 16 мм і відстоювання у відстійниках не менше 30 хв. Після ставків необхідно вторинне відстоювання протягом 2-2,5 годин.

Відношення довжини до ширини ставка 20:1 у ставках із природною аерацією.

### **Контрольні питання**

1. Дати оцінку біологічним ставкам. Класифікація. Основні параметри.
2. Дати оцінку ставкам для доочистки очищених стічних вод.

## ТЕМА 11. Методи і споруди для обробки та знешкодження осаду

### *Методи обробки осадів*

Осади побутових стічних вод становлять собою водні суспензії із вмістом твердої фази за масою 0,5-10% та органічних речовин до 90%.

Обсяг осадів складає 0,5-1% обсягу стічних вод.

Сучасні технологічні процеси обробки осадів включають у загальному вигляді наступні стадії: основні – ущільнення, зневоднення, термічне сушіння або знезараження, ліквідацію або утилізацію; допоміжні – стабілізація і кондиціонування.

Мулоущільнювачі – призначені для зменшення вологості, а отже, надлишкового активного мулу. У якості мулоущільнювачів можуть використовуватися вертикальні або радіальні відстійники. Мулова вода після мулоущільнювачів подається в аеротенки. У результаті стабілізації відбувається руйнування біологічної частини органічної речовини осадів, що забезпечує їхню стійкість до загнивання і часткове знезараження. Стабілізація необхідна при тривалому перебуванні осаду на відкритих територіях(сушіння на мулових площадках складування), а також при використанні їх у якості сільськогосподарського добрива без термічного сушіння.

Для зневоднення опадів міських стічних вод застосовують барабан-вакуум-фільтри типу БОУ і вакуум-фільтри з полотниною типу Б<sub>сх</sub>ОУ.

Для складування зневодненого осаду передбачається відкрита площадка, розрахована на 4-5 місячного збереження кека при висоті шару 1,5-2м.

Центрифугування є високоефективним методом зневоднення осаду, його застосування доцільне для станцій з пропускною спроможністю до 70 -100 тис м<sup>3</sup>/доб.

Переваги центрифугування – простота й економічність процесу, низька вологість зневодненого осаду (кека), можливість роботи без застосування реагентів. Центрифугування без застосування коагуляції осадів хімічним реагентом дозволяє одержувати кек вологістю 50-80%, але винос суспензії з фугатом при цьому досягає 40-60% сухої речовини осаду.

Термічна обробка осаду виробляється в тих випадках, коли потрібно його знезараження і подальше зниження вологості. Для очищення стічної пропускної здатності до 30 тис.м<sup>3</sup>/доб. термічну обробку осаду доцільно проводити в камерах дегельментизації.

За більшої продуктивності передбачається термічне сушіння осаду, що проводять в різних сушильних установках: барабанних сушарках, сушарках з киплячим шаром, у сушарках із зустрічними струменями, вакуум-сушарках.

Анаеробно зброжені осади стічних вод мають високий питомий опір, що утрудняє процес зневоднення їхній на вакуум-фільтрах. Питомий опір мезофільно зброджуваних опадів складає  $(520-9140)10^{10}$ , термофільно зброджуваних  $(3900-9500)10^{10}$  см/г.

Усталена робота вакуум-фільтрів забезпечується за умови, що питомий опір не перевищує  $60 \cdot 10^{10}$  см/г. Тому зброджуваний осад при вакуум фільтруванні підлягає промиванню з наступним ущільненням і обробкою хімічними реагентами.

Промивання осаду відбувається очищеною стічною (технічною) водою.

Ущільнення суміші промитого осаду і води здійснюється в радіальних або вертикальних відстійниках – ущільнювачах, розрахованих на 12-18 годинне перебування в них суміші. Кількість ущільнювачів не менш 2-х.

При коагулюванні зброджуваного осаду як реагенти застосовується хлорне залізо і вапно, у вигляді 10% розчину. Доза коагулянтів: чистого хлорного заліза 4-6%, активного вапна 12-20% до маси сухої речовини осаду.

Анаеробне збродження застосовується для обробки сирого осаду. Збродження рекомендується перед сушінням на мулових площадках, а також перед зневодненням на фільтрах і здійснюється в метантенках у мезофільних або термофільних умовах.

Гази, які утворюються під час бродіння, використовують на енергетичні нестатки, зокрема для одержання пари, що використовують при підігріві метантенків.

Аеробна стабілізація полягає в тривалій аерації активного мулу або його суміші із сирим осадом первинних відстійників у спорудах типу аеротенків.

Якщо пропускна здатність менша 50 тис. м<sup>3</sup>/доб., економічно рентабельна аеробна стабілізація, (50-100тис. м<sup>3</sup>/доб.) – обидва методи приблизно рівноцінні, а при пропускній здатності понад 100тис. м<sup>3</sup>/доб. доцільнішим є анаеробне зброджування.

Кінцевою стадією обробки стабілізованого осаду є сушіння на мулових площадках(для малих станцій) або механічного зневоднення.

Аеробно-стабілізованні осад доцільніше зневоднювати центрифугуванням. Зневоднення сирих опадів може здійснюватися, як вакуум-фільтруванням, так і фільтр-пресуванням або центрифугуванням.

### ***Обробка, зневоднення і використання осаду***

При очищенні стічних вод на каналізаційних станціях утворюється осад, що складається з твердої фази і води. Органічні речовини складають 60-80% сухого осаду. З метою усунення неприємних властивостей сирого осаду він піддається анаеробному зброджуванню (впливові ряду анаеробних мікроорганізмів). Процес зброджування перебігає повільно. Швидкість його залежить від  $t^{\circ}$  у муловій камері.

Осад має високу вологість 95-98%,що вкрай утрудняє застосування його в с/г для добрив. Найбільш простим способом зневоднення є підсушування осаду на мулових площадках, де його вологість зменшується до 80-75%. При цьому осад зменшується в об'ємі і вазі в 4-5рази. Утрачає текучість і може легко транспортуватися до місця його використання.

Але такий спосіб підсушування вимагає великих земельних ділянок, і вологість осаду ще залишається високою. Для підсушування осаду застосовують механічний і термічний способи видалення вологи.

Механічні способи: центрифугування, флотація і вакуум - фільтрація (краща, бо вологість знижується до 70%).

Використовується: як добрива АБО для утилізація (сухої перегонки), після якої отримують цінні продукти. Може використовуватися як паливо.

Термічне сушіння осаду дозволяє знизити його вологість до 20-35%. Висушений осад можна в розфасованому вигляді доставляти до місця його використання.

Капітальні витрати цього методу дуже великі, внаслідок чого застосування термічного сушіння виправдане лише за умови ефективного використання висушеного осаду.

Для повної ліквідації органічних компонентів осадів, їх спалюють. Метод спалювання застосовують у тих випадках, коли неможлива або економічно недоцільна утилізація осаду. Перешкодою для використання осаду як добрива може бути наявність у ньому токсичних речовин.

Останнім часом метод спалювання отримує усе більше застосування. При спалюванні відбувається повне окиснення органічних речовин осадів до утворення стерильного залишку -золи, яка може бути використана в якості присадкового матеріалу при підготовці осаду до зневоднення. Це дозволить знизити витрату хімічних реагентів.

### ***Мезофільне і термофільне зброджування***

У залежності від  $t$  при якій відбувається зброджування осаду розрізняють 2-а типи процесу: мезофільне і термофільне.

Метанове шумування стічних вод може відбуватися в мезофільних умовах, якщо температура маси, що бродить, не перевищує  $35^{\circ}$ , або в термофільних умовах, якщо температура осаду, який бродить, підтримується в межах  $45-65^{\circ}$ . Кожна з цих умов шумування підтримується діяльністю відповідних анаеробних бактерій – мезофільних і термофільних.

Оптимальною температурою для **мезофільного** шумування –  $32^{\circ}$ , а **термофільного** -  $53^{\circ}$ .

Для підтримки нормального процесу шумування осаду необхідне дотримання наступних умов:

1. Підтримка оптимальної температури шумування осаду;
2. Надходження свіжого осаду у визначеному співвідношенні до маси, яка бродить, (доза завантаження свіжого осаду);
3. Перемішування знову надійшло свіжого осаду, який щойно надійшов, з осадом, що бродить.

Для обробки осадів стічних вод застосовують наступні споруди:

1. Гнильні резервуари (септики);
2. Двоюрусні відстійники;
3. Освітлювачі – перегнивателі; метантенки.

Термофільне зброжування відрізняється більшою інтенсивністю і закінчується в 2рази швидше, за рахунок чого вдвічі скорочується необхідний обсяг споруджень.

При термофільному зброжуванні досягається повна дегельмінтизація осаду, при мезофільному - гине лише 50-80% яєць гельмінтів.

***Переваги:***

1. Мезофільне зброжування забезпечується цілком теплом, одержаним від спалювання газів шумування.
2. Мезофільне зброжування забезпечує більш легке зневоднення осаду.

***Недоліки:*** Термофільне: підігрівши осаду вимагає додаткової витрати палива, що призводить до збільшення експлуатаційних витрат.

При термофільному зброжуванні осад важкіше зневоднюється.

***11.1. Септики***

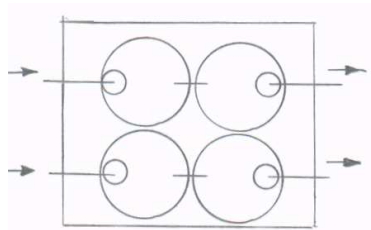


Рис. 1 - Схема септика

Застосовують при  $Q < 25 \text{ м}^3/\text{доб}$ , з подальшим просуванням на піщано-гравійні фільтри, підземні фільтри, фільтри колодязі. Септиками називають споруди, у яких одночасно відбувається освітлення стічної рідини і тривале



збереження і перегнивання осаду, який випав. Осад зберігається 6-12міс. Під впливом анаеробних мікроорганізмів, що накопичились, осад руйнується, нерозчинні органічні речовини перетворюються частково на гази, а частково на розчинні мінеральні сполуки.

**Недоліки:** вони мають велику площу, крім того частки осаду підхоплюються бульбашками газів (метану, сірководню), що утворюються внаслідок перегнивання осаду, створюють на поверхні септика кірку, що утрудняє вихід газів. Частки осаду, звільнені від газу, знову опускаються на дно. Така циркуляція пластівців осаду частково забруднює вже освітлену воду. З цих причин застосування септиків досить обмежене.

**Переваги:** відсоток затримання в них нерозчинених речовин досить високий.

Розрахунок септиків полягає у визначенні обсягу проточної і мулової частин (кірки й осідання на дно). Проточну частину розраховують на перебування в ній води протягом 1-3 діб. При витраті СВ до  $5\text{ м}^3/\text{доб}$ . проточна частина приймається рівною  $3Q$ , а при витраті понад  $5\text{ м}^3/\text{доб}$  - не менше  $2,5Q$  (де  $Q$  - добова витрата води).

Для побутових СВ витрата осаду, що випав, з вологістю до 95%, складає 0,8 л/доб. на одну людину. У нижніх шарах вологість осаду, що випав, внаслідок ущільнення, сягає 85%. При розрахунку ємності мулової частини можна прийняти середню вологість осаду 90%.

Крім того, у септиках відбувається розпад мулу в середньому на 30%. Таким чином, обсяг мулової частини септика на одну людину за терміну перегнивання 180 днів з урахуванням вмісту 20%, осаду септика, що залишається при чищенні, складе

$$W_{\text{мул}} \frac{0,8 \cdot 180 \cdot (100 - 95)(1 - 0,3)}{100 - 90} \cdot 1,2 = 60,5, \text{ л}, \quad (11.1)$$

Оброблені в септиках стічні води можуть бути використані в агрокультурних цілях.

## 11.2. Двоюрисний відстійник

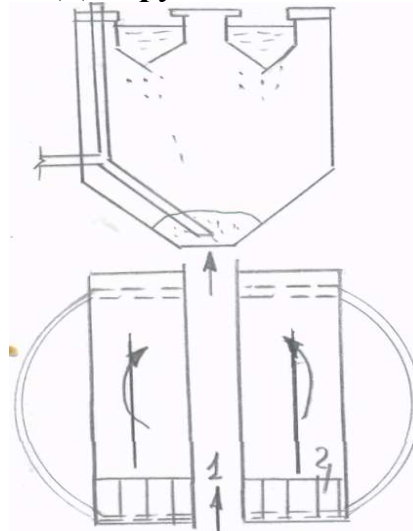


Рис. 2 - Схема двоюрисного відстійника

- 1 - подача стічної води; 2 - розподільний лоток; 3 - осадковий жолоб;  
4 – збірні лотки с напівзануреними дошками; 5 - подовжня щілина; 6 – септик;  
7 - лоток, що відводить очищену стічну воду; 8 – мулові труби.

Стічну воду (рис.11.2) по лотку 1 подають у жолоб 3. Впуск і випуск здійснюється через переливний лоток 2 і збірний 4. У днищі жолоба розташована щілина (10-15см), через яку виходить осад. Освітлена вода відводиться лотком 7. Видалення зброджуваного осаду здійснюють через трубу 8,  $D=200\text{мм}$ , самопливом під дією гідростатичного тиску стовпа рідини 1,5-1,8м. Подовжня щілина 5 знизу перекривається похилою площиною під кутом  $50^\circ$  для того, щоб спливаючі бульбашки газу і частки осаду не потрапляли до осадкових жолобів.

Осад зброджується в мезофільному режимі в 2-ї фази шумування: кислого (2-4місяця) і лужного.

Чим вища температура, тим інтенсивніше шумування і тим менше об'єм септика. При  $t=8,5^\circ$  - витрати =80л/люд.;  $t=12^\circ$  - обсяг = 50л/люд. Час зброджування від 60 – 180 днів. Час відстоювання 1,5години. При середньорічній  $t$  повітря до  $3,5^\circ\text{C}$  відстійники з пропускною здатністю до  $500\text{м}^3/\text{доб}$ . розташовують в приміщеннях, які опалюють, а при  $3,5-6^\circ\text{C}$  и пропускною здатністю до  $100\text{ м}^3/\text{доб}$ . - у не опалюємих приміщеннях.

### *Розрахунок двоюрисних відстійників*

Число двоюрисних відстійників повинно бути не менш 2 при цьому обсяг збільшується в  $1,2\div 1,3$  рази.

Розрахунок проводять за кінетикою зважених часток, що випадають. За методикою первинних відстійників.

Ефект освітлення

$$\Theta = 100 \frac{C_{en} - C_{cdp}}{C_{en}} - 40-50\% , \quad (11.2)$$

де  $C_{en}$  - концентрація зважених речовин при надходженні на 2- ярусний відстійник;

$C_{cdp}$  - концентрація зважених речовин у відстояній воді.

Гідравлічна крупність розраховується за формулою

$$U_0 = \frac{1000 \cdot H_{set} \cdot K_{set}}{t_{set} \left( \frac{K_{set} \cdot H_{set}}{h} \right)^{n_2}}, (\text{мм/с}) , \quad (11.3)$$

де  $H_{set}$  - глибина осадового жолоба: (1,2 - 2,5м)

$K_{set}$  - коефіцієнт використання обсягу проточної частини - (0,5);

$t_{set}$  - тривалість відстоювання;

$n_2$  - показник ступеня, що залежить від агломерації суспензії в процесі осадження;

$h$  - висота циліндра зі стічною водою у лабораторних умовах = 500м.

Визначаємо довжину осадового жолоба за формулою

$$L_{set} = \frac{\vartheta \cdot H_{set}}{K \cdot U_0}, \text{м} , \quad (11.4)$$

Визначаємо обсяг опадів септичної частини

$$\Omega_{mad} = \frac{q_w \cdot (C_{en} - C_{cdp})}{(100 - P_{mid}) \cdot \rho_{mid}} \cdot 10^4, \text{м}^3/\text{год.} , \quad (11.5)$$

де  $q_w$  - максимально секундна витрата;

$P_{mid}$  - вологість осаду = 90% ;

$\rho_{mid}$  - щільність осаду = 1г/см<sup>3</sup>.

### **Недоліки 2-х ярусних відстійників:**

1. Велика глибина відстійників, що доходять до 11 м, що підвищує їхню будівельну вартість.

2. Неможливість їхнього застосування в районах з низькими зимовими температурами.

3. Проникнення часток зброджуваного осаду в осадові жолоби через щілини і погіршення, внаслідок того ефекту освітлення стічних вод.

4. Утворення мулової кірки на поверхні відстійника, крім поверхні, зайнятої осадовими жолобами, і труднощі боротьби з нею. Поступово товщина її збільшується до низу, що призводить до закупорки щілин осадкових жолобів кіркою знизу.

5. При високій концентрації стічних вод за зваженими речовинами також відбувається закупорка щілин осадкових жолобів цього разу осадом, що падає зверху.

6. Ущільнення осаду в септичній частині до вологості 85% погіршує умови шумування осаду тому, що за вологості осаду до 92% процеси шумування загасають. У зв'язку з цим до 2/3 обсягу септичної камери є інертною зоною.

### 11.3. Освітлювачі-перегнивателі

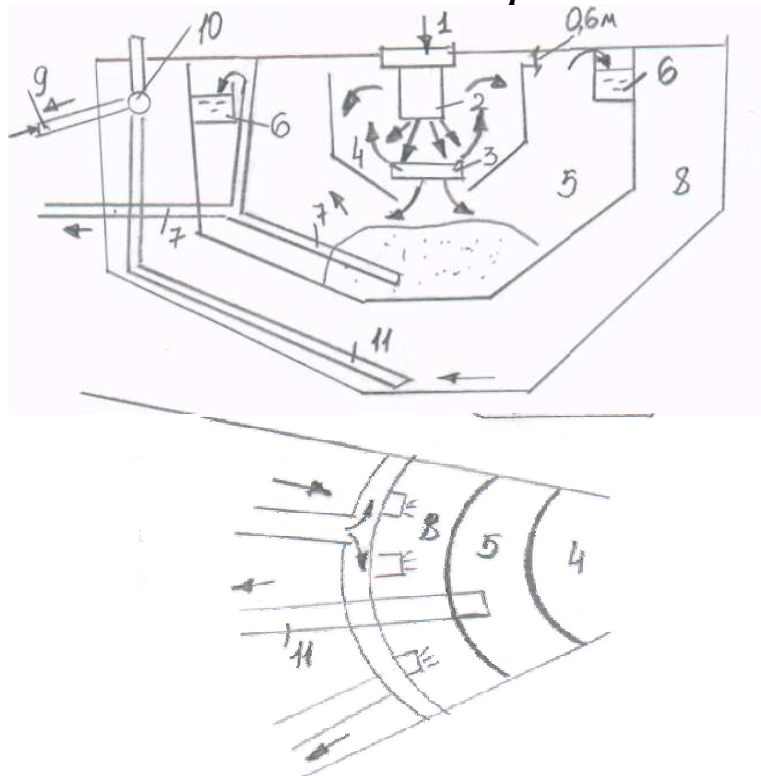


Рис. 6 - Схема освітлювача-перегнивателя

1- лоток, що подає стічну воду; 2-центральна труба; 3 – щит, що відбиває; 4 - камера флокуляції; 5 – освітлювач; 6 - лотки, що відводять освітлену воду; 7 –мулова труба освітлювача; 8 – перегнивателі; 9- мулова труба для подачі мулу в перегнивателі; 10 - кільцева труба перегнивателя; 11- мулова труба для відводу мулу з перегнивателя.

Стічна вода лотком 1 подається до центральної труби 2(напор СВ=0,6м). Водоповітряна суміш з труби 2 спрямовується відбивним щитом 3 до камери 4, тут відбувається довільна коагуляція, забруднень протягом 20хв., після чого вони надходить у відстійну зону 5. Освітлена вода надходить у периферичний лоток 6 , а далі на подальшу обробку.

Осад, що випав на дно 5 по муловій трубі 7 надходить у прийомний резервуар насосної станції, відкілья насосами по муловій трубі подається в перегниватель 8. У камері 8 відбувається зброджування осаду. Випуск його по муловій трубі 11 здійснюється через 7-10 доб.

Для запобігання утворенню кірки в перегнивателі осад перемішується за допомогою мулової труби 11 та 9,10 труб, що подають стічні води.

**Переваги:**

1. Ефект затримки зважених, речовин вище і досягає 70%.
2. Мулова камера ізольована від освітлювача, що виключає потрапляння осаду у стічну воду.
3. Будівельна вартість на 25-30% нижча 2- ярусних відстійників.

**11.4. Метантенки**

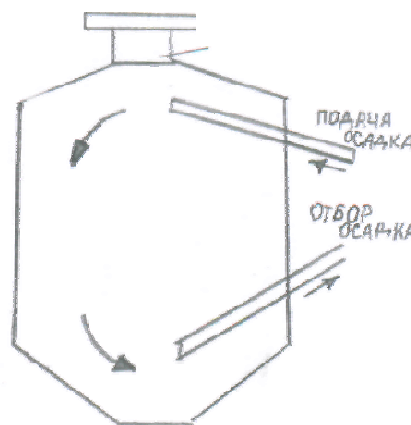


Рис.7 - Метантенки

Метантенк (рис.11.7) - це окремий стоячий циліндричний з/б резервуар з конусоподібним днищем і герметичним перекриттям, у верхній частині - ковпак для збору газу і його відводу.

У метантенк подається сирий осад після первинних відстійників і активний мул після аеротенків.

Допускається подача разом з осадами інших зброджуванних органічних речовин, після їхнього попереднього дроблення.

За допомогою спеціальних пристроїв осад у метантенку перемішується і підігрівається.

Мінералізація органічних речовин осаду призводить до виділення продуктів розпаду в газ і мулову воду та викликає зміну в хімічному складі осаду. Загальний обсяг мулової суміші не змінюється. Вологість зростає, тому що суха речовина осаду при розпаді зменшується, зольність зростає тому, що органіка мінералізується і розпадається.

При нормальному процесі шумування осадів у метантенках підтримується рН середовища 7-7,5; у муловій рідині утримується жирних кислот 3-8 мг-екв/л, лугів 70-76 мг-екв/л і азоту амонійних солей мг/л.

При зброджуванні одночасно осаду з первинних відстійників і надлишкового мулу вологість вихідного осаду складає приблизно 96,2-97%. Ступінь розпаду органічних речовин осаду в метантенках повинна бути не менше 40%.

### ***Розрахунок метантенків. Розрахунок беззольної речовини***

Зводиться до визначення об'єму метантенків і виходу газу.

1. Визначаємо кількість сухого осаду, т/доб

$$Q_{\text{сух}} = \frac{C_{\text{ен}} \cdot \mathcal{E} \cdot K \cdot Q}{1000 \cdot 1000}, \text{ т/доб}, \quad (11.3)$$

Кількість активного мулу, т/доб.

$$U_{\text{сух}} = \frac{0,8 \cdot C_{\text{ен}} (1 - \mathcal{E}) + \alpha \cdot L_{\text{ен}} - b}{1000 \cdot 1000}, \text{ т/доб.}, \quad (11.4)$$

де  $\mathcal{E}$  - ефект освітлення;

$K$  - коф., що враховує збільшення об'єму осаду за рахунок крупності фракцій  $K = 1,1 \div 1,2$ ;

$\alpha$  - коэф, приросту активного мулу  $\alpha = 0,2 \div 0,5$ ;

$L_{\text{ен}}$  - значення БПК у стічній воді, що надходять на очищення;

$b$  - винос активного мулу з вторинного відстійника;

$C_{\text{ен}}$  - концентрація зважених речовин на виході розподіл якості беззольної речовини.

2. Визначення якості беззольної речовини

$$Q_{\text{без}} = \frac{Q_{\text{сух}}(100 - B_{\Gamma})(100 - Z_{\text{ос}})}{100 \cdot 100} \quad (11.5)$$

$$U_{\text{без}} = \frac{U_{\text{сух}}(100 - B'_{\Gamma})(100 - Z_{\text{ос}})}{100 \cdot 100} \quad (11.6)$$

де  $B_{\Gamma}$  і  $B'_{\Gamma}$  - гідроскопічна вологість осаду й активного мулу  $B_{\Gamma}=5-6\%$ ;  
 $Z_{\text{ос}}$  і  $Z_{\text{мул}}$  - зольність осаду й активного мулу  $Z_{\text{ос}}=27\%$ ;  $Z_{\text{мул}}=25\%$ ;

3. Визначення витрати сухого осаду й активного мулу:

$$v_{\text{ос}} = \frac{100 \cdot Q_{\text{сух}}}{(100 - W_{\text{ос}})\rho_{\text{ос}}}, \text{ м}^3/\text{доб.} ; \quad (11.7)$$

$$v_{\text{мул}} = \frac{100 \cdot U_{\text{сух}}}{(100 - W_{\text{мул}})\rho_{\text{мул}}}, \text{ м}^3/\text{доб.} . \quad (11.8)$$

де  $W_{\text{ос}}$  і  $W_{\text{ил}}$  - вологість осаду і мулу  $W_{\text{ос}}=93 - 95\%$ ,  $W_{\text{мул}}= 99,2 \div 99,6\%$ ;  
 $\rho_{\text{ос}}$  і  $\rho_{\text{ил}}$  - щільність у  $\text{г}/\text{м}^3$ .

4. Визначаємо загальну витрату осаду й активного мулу за, сухою речовиною:

$$M_{\text{сух}} = Q_{\text{сух}} + I_{\text{сух}} \quad (11.9)$$

за беззольною речовиною:

$$M_{\text{без}} = Q_{\text{без}} + I_{\text{без}} \quad (11.10)$$

за об'ємом суміші:

$$M_{\text{заг}} = v_{\text{ос}} + v_{\text{мул}} \quad (11.11)$$

5. Визначення середнього значення вологості, %

$$B_{\text{см}} = 100 \left( 1 - \frac{M_{\text{сух}}}{M_{\text{заг}}} \right), \% \quad (11.12)$$

6. Визначення обсягу метантенку,  $\text{м}^3$  :

$$W_{\text{mt}} = M_{\text{заг}} \cdot 100 / D_{\text{mt}} \quad (11.13)$$

7. Визначення загального виходу газу,  $\text{м}^3/\text{доб.}$ :

$$\Gamma = R_{\Gamma} \cdot M_{\text{без}}, \quad (11.14)$$

де  $R_{\Gamma}$  - розпад беззольної речовини.

### ***Розрахунок розпаду беззольної речовини***

$$R_r = R_{lim} - K_r \cdot D_{mt} , \quad (11.15)$$

де  $R_{lim}$  - мах, можливе зброджування беззольної речовини завантаженого осаду , відсоток визначається за формулою

$$R_{lim} = \left( 0,92 \cdot C_{fat} + 0,62C_{gl} + 0,34C_{prt} \right) \cdot 100, \quad (11.16)$$

де  $C_{fat}$  ,  $C_{gl}$ ,  $C_{prt}$  - відповідно вміст жирів, вуглеводів, білків, у грамах на 1м беззольної речовини осаду;

$K_r$  - коеф. , що залежить від вологості осаду, приймають за СНіПом;

$D_{mt}$  - доза осаду, що завантажуються, % приймають за СНіПом.

### ***Збір газу. Газова мережа***

Вихід газів при зброджуванні в метантенках зумовлюється розпадом тільки жирів, білків і вуглеводів, що складають основну масу беззольної речовини осадів. Найбільша маса газу утвориться при розпаді жирів, а найменша - білків. Оскільки в складі активного, мулу переважають білки, вихід газу при його зброджуванні виявляється меншим, ніж при зброджуванні осаду з первинних відстійників.

Газ, що утворюється в метантенках складається з метану(60-67%), вугільної кислоти (30-33%), водню(1-2%),азоту(0,5%). Високий вміст метану в газі зумовлюється розпадом жирів і білків, а вуглеводи дають газ з великим змістом вугільної кислоти.

Для транспортування газу з метантенків прокладають спеціальну газову мережу. Оскільки газ надходить зі споруд нерівномірно, то на глухих кінцях мережі встановлюють газгольдери, що акумулюють газ та вирівнюють тиск газу в мережі.

Для прийому газу з метантенків використовують мокрі газгольдери, що складаються з резервуара, заповненого водою, і колокол, що переміщується на роликах по спрямовуючим. Вага дзвону врівноважується протитиском газу. Завдяки цьому при зміні обсягу газу під дзвоном тиск у газгольдері і газовій мережі залишається постійним.



Для збору газу на горловині метантенків установлюють газові ковпаки висотою 3,8м. Тиск газу в них -  $3 \div 3,5$  кПа.

Передбачена також ретельна газо - і теплоізоляція бетонного перекриття: 5 шарів перхлорвінілової маси, що укладається по бетону та покривається цементною стяжкою, а зверху насипається шар шлаку висотою 50см, цементна стяжка по шлаку, 3-х рулонна покрівля.

### ***Конструкції метантенків***

Застосовують наступні конструкції метантенків:

- 1 - з твердим (не затоплюваним) перекриттям, що утворює купол;
- 2 - з перекриттям, що плаває;
- 3 - відкриті метантенки.

З метою боротьби з утворенням кірки рівень осаду приймається на підставі отвору газозбірника. При більш низькому рівні осаду утвориться газова подушка, що сприяє підсиханню поверхні осаду й утворенню кірки, що поступово товщає до низу, з цим важко боротися. Відношення діаметра метантенка до висоти приймається рівним 0,8-1.

Завантаження і вивантаження осаду в метантенку проходить одночасно за допомогою розподільних камер, встановлених в ізольованому приміщенні, що є вибухонебезпечним. Нижні випускні камери устатковані рухливими водозливами, що дозволяють регулювати рівень осаду. При цьому подача осаду здійснюється до верхньої зони метантенка, а випуск збродженого осаду - з нижньої конусної частини метантенка.

У метантенках об'ємом  $5000 \text{ м}^3$  і більше передбачені додаткові труби для випуску осаду, розташовані через 5-6 м по висоті споруди. Для метантенків до  $1000 \text{ м}^3$  перемішування здійснюється перекачуванням осаду за допомогою насоса; для метантенків обсягом від 1000 до  $4000 \text{ м}^3$  - гідроелеватором і для метантенків обсягом 4000 і більше – пропелерною мішалкою. Продуктивність пристроїв, що перемішують рідину, розраховується на пропуск усього об'єму метантенка протягом 5- 10год.. Підігрів осаду в метантенках здійснюють

гострою парою, яку подають під тиском 1,5-5 атм. за допомогою парострумових інжекторів, розташованих у камерах керування по 1-ому агрегату на кожний метантенк. Парострумові інжектори дають гарне перемішування осаду за рахунок гідравлічної і теплової циркуляції.

Секції метантенків містять 2-4 метантенка, будинок обслуговування, кіоск газових приладів, прохідний тунель.

Розрив між метантенками та іншими спорудами станції повинен бути не меншим 20 м., а від споруд станцій до газгольдерів – 40-60 м.

### ***2)Метантенки з перекриттям, що плаває***

Перекриття, що плаває, може бути виготовлене з металу або з/б. Цей тип метантенка має наступні переваги: він вибухобезпечний; дозволяє робити дозування завантаження і вивантаження метантенка за висотним положенням перекриття, який плаває; полегшує боротьбу з утворенням кірки; забезпечує акумуляцію під перекриттям газу, який плаває, що знижує необхідну ємність газгольдерів на 50%; створює можливість заводського виготовлення перекриття.

Однак при акумуляції газу під перекриттям, створюються умови для підсихання осаду й утворення кірки, що є недоліком цього типу.

### ***3)Двоступінчасті метантенки***

З метою ущільнення збродженого осаду і доброджування його застосовують відкриті метантенки як другу ступінь до закритих метантенків, що служать 1-ою ступінню. Застосування цих метантенків рекомендується в районах із середньорічною температурою повітря не нижче +6<sup>0</sup>.

## ***11.5. Метод аеробної стабілізації***

У метантенках вигідно зброджувати самий сирий осад. Тому частіше вдаються до аеробної стабілізації активного мулу .

Особливо перспективне застосування аеробної стабілізації на станціях з невеликою витратою стічної води при невисокій концентрації зважених речовин у воді. У цьому випадку значно спрощується схема станції, тому що з неї виключають

первинні відстійники. Єдиним осадом, що утвориться на станції, є надлишковий мул, мінералізацію якого здійснюють в аеробних умовах у мінералізаторах.

Для більш великих станцій можливе застосування схеми, у якій надлишковий мул піддається аеробній стабілізації, а осад зброджується в метантенках.

Аеробна стабілізація осадів здійснюється у звичайних аэротенках, сполучених з відстійниками. Процес стабілізації активного мулу триває 7- 10 діб.

**Недоліки:** 1. Низька швидкість процесу вимагає великої витрати повітря (тому при великих витратах СВ аеробна стабілізація неприйнятна);

2. Яйця гельмінтів не гинуть (тому аеробно стабілізовані опади необхідно знезаражувати).

**Переваги:** 1. Можливість застосування більш простих споруд, ніж метантенки; 2. Вибухобезпечність; 3. Відсутність запахів; 4. Осад легше зневоднюється.

### **Розрахунок аеробного стабілізатора**

Аеробна стабілізація осадів здійснюється у звичайних аэротенках, сполучених з відстійниками. На аеробну стабілізацію потрапляє неущільнений або ущільнений протягом не більше 5 годин активний мул, а також суміш його із сирим осадом.

Час стабілізації активного мулу

$$t_{sti} = [(8 \div 10) + 0,02(20 - Ta)(\tau \div 5)] \times 1,08^{(20 - T_{st})}, \text{ доб.}, \quad (11.17)$$

де  $Ta$  – розрахунковий час в аэротенку;

$T_{st}$  – розрахунковий час у стабілізаторі;

$\tau$  – вік мулу;

$$\tau = \left[ (W_{at} + W_k) a_i + W_{ik} \cdot a'_i \right] / (P_i \cdot Q), \quad (11.18)$$

де  $W_{at}$ ,  $W_k$ ,  $W_{ik}$  – обсяг аэротенків, каналів, мулових камер ( $\text{м}^3$ );

$a_i$  – середня концентрація активного мулу в аэротенках і каналах ( $1,5\text{-}5 \text{ г/м}^3$ );

$a'_i$  – середня концентрація активного мулу у відстійній зоні вторинних відстійників;

$P_i$  – приріст активного мулу;

$Q$  – обсяг води, що очищується.

Місткість аеробного стабілізатора  $W_{st}$

$$W_{st} = t_{st} \cdot \Omega, \text{ м}^3 \quad (11.19)$$

де  $\Omega$  - об'єм осаду ( $\text{м}^3/\text{доб}$ ), що надходить на стабілізацію.

Тривалість стабілізації

$$t_{st} = t_{sti} + 2b, \quad (11.20)$$

де  $b$  – відношення беззольної речовини осаду до беззольної речовини суміші.

Добова витрата повітря ( $\text{м}^3/\text{доб}$ ), що подається в аеробний стабілізатор

$$Q_{air} = D \cdot W_{st} \cdot 24, \quad (11.21)$$

де  $D$  – питома витрата повітря на аеробну стабілізацію,  $D=1-2 \text{ м}^3/\text{година}$  на  $1 \text{ м}^3$  місткості стабілізатора.

### 11.6. Мулові площадки

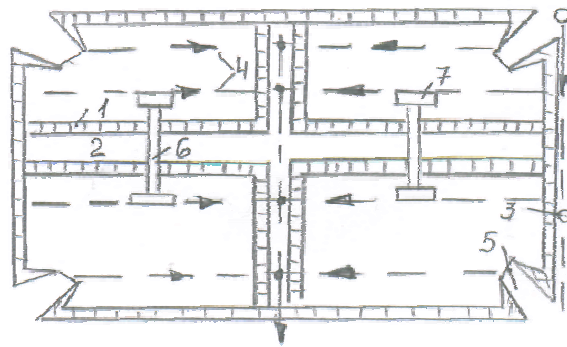


Рис. 8 - Схема мулової площадки

1 - зливальний лоток; 2 – лоток, що розводить мул; 3 - дренажний колодезь; 4 - дренажні труби; 5 - в'їзд на карту; 6 – шибери; 7 - дерев'яний щит під зливальним лотком.

Мулові площадки призначені для сушіння осаду.

Мулові площадки становлять собою сплановані ділянки землі (карти), оточені з усіх боків земляними валами. Сирий осад, що має вологість 90-55 періодично розподіляють невеликим шаром на ділянках і підсушують до вологості 75-80%.

Волога з осаду частково просочується в ґрунт, але велика частина випаровується. Підсушений осад має структуру вологої землі.

Мулові площадки без дренажу застосовують на ґрунті з гарною фільтруючою здатністю. Якщо ґрунт щільний, то площадка обладнана трубчастим дренажем.

Якщо недостатньо місця для пристрою відкритих мулових площадок, улаштовують криті площадки по типу оранжерей.

Площі мулових площадок залежить від обсягу осаду, характеру ґрунту, клімату.

**Недоліки:**

1. Велика площа;
2. Неприємний запах;
3. Виводяться мухи.

**Розрахунок мулових площадок**

Корисна площа мулових площадок:

$$S = 1,3 \frac{\Omega \cdot 365}{h \cdot K}, \text{ м}^2, \quad (11.22)$$

де  $\Omega$  - витрата мулу, м<sup>3</sup>/доб;

$h$  - навантаження на мулові площадки ( $h = 0,8 \div 2,5 \text{ м}^3/\text{м}^2$  рік) визначають за СНіПом залежно від складу і якості осаду;

$K$  – кліматичний коефіцієнт (по СНіПу);

1,3 - враховує додаткові 30% площадки для доріг і вала.

Площу мулових площадок у зимовий період перевіряють на наморожування.

Висота шару наморожування.

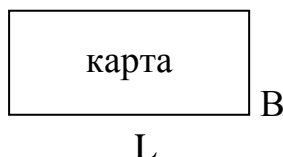
$$h_{\text{нам}} = \Omega \cdot t \cdot K_2 / [\rho \cdot K_1], \text{ м}, \quad (11.23)$$

де  $\Omega$  - витрата мулу, м<sup>3</sup>/доб.;

$t$  - період наморожування, варто приймати рівним кількості днів, з темпе-ратурою повітря  $-10^0\text{C}$ ;

$K_2=0,75$  – коефіцієнт враховує зменшення об'єму осаду внаслідок фільтрації і випаровування;

$K_1=0,8$  – уводиться на площу  $S$  для заморожування.



Кількість карт не менш 2-х.

Ширина карт  $B$  коливається:  $B = 10-40\text{м}$ .

Довжина карт  $L=2B$  або  $2,5B$ .

$B/L = 1/2$  або  $1/ 2,5$ .

Визначення підсушеного за рік осаду, його кількість

$$\Omega_s = \Omega \cdot 365 \frac{100 - P_1}{100 - P_2}, \quad (11.24)$$

де  $P_1$  - вологість осаду, що надходить;  $P_1= 97-97,5\%$ ;

$P_2$  - підсушеного  $P_2=75-80\%$ .

## 11.7. Механічне зневоднення та термічна сушка осаду

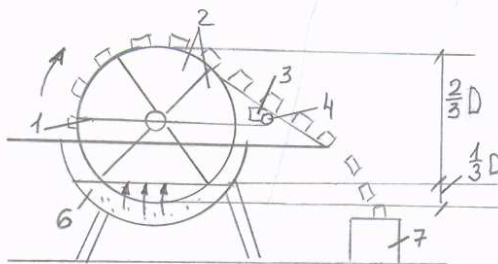


Рис. 9 - Схема вакуум-фільтра

- 1 - подовжні радіальні перегородки; 2 - секції барабана; 3 - обертовий ролик;  
4 - напрямний ролик; 5 – ніж; 6 – корито; 7 – транспортер.

Вакуум-фільтр становить собою горизонтально розташований барабан з перфорованою й обтягнутою капроною тканиною бічною поверхнею.

Внутрішня порожнина барабана розділена перегородками на самостійні секції. Барабан обертається на валові з кутовою швидкістю 1 оборот за 4-7мин. На кінці валу знаходиться голівка фільтра з'єднана з вакуум - насосом. При обертанні барабана частина секцій занурена в осад, а ( $1/3D$ ) занурено в корито, куди надходить осад (зброджений). Одночасно через розподільну голівку фільтра відкачується повітря. Під дією вакууму осад налипає до поверхні барабана і віддає воду. Утворюється фільтрат – мулова вода з концентрацією зважених речовин 300 – 600мг/л і  $L_{БПК}=400-600$  мг/л. Потім подається на транспортер. Вологість цього осаду 70-80%.

За 1 оборот барабана відбуваються наступні процеси:

- 1 - утворення кека;
- 2 – зневоднення кека;
- 3 - підсушування;
- 4 - зняття з барабана.

Пропускна здатність залежить від питомого опору осаду.

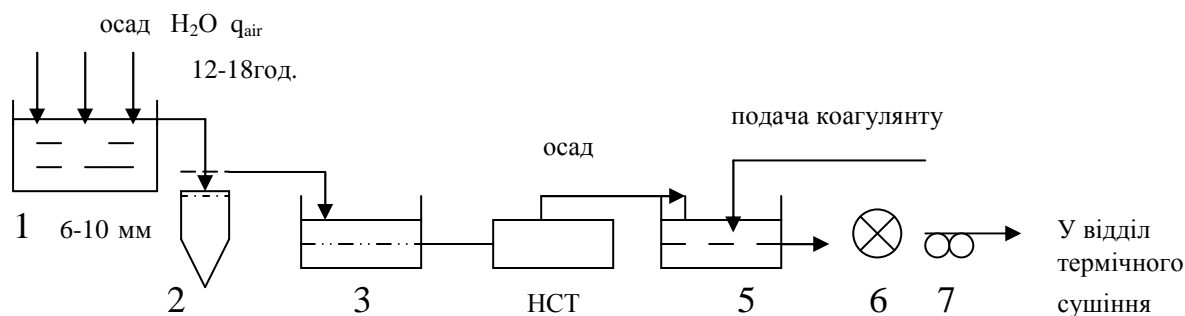


Рис.10 - Схема установки для вакуум фільтрації осаду

- 1 - промивання; 2 - ущільнення; 3 - резервуар ущільненого осаду; 4 - мулова насосна станція; 5-резервуар коагулювання; 6 - вакуум-фільтр; 7- транспортер.

Осад і промивна вода (рис.11.10) перемішуються 6-10 хв. стисненим повітрям у кількості  $0,5\text{м}^3/\text{м}^3$  суміші. Суміш надходить у відстійник (2) і знаходиться там 12-18 година. Відстояна мулова вода з концентрацією  $C=500-2500\text{мг/л}$  потрапляє до первинних відстійників. Ущільнений осад йде на подальшу обробку. При цьому вологість знижується до 95% (з 97%). Крім того, промивання:

1-відділяє від осаду дрібну фракцію, що засмічує тканину фільтра; 2 – знижує лужність осаду, і це призводить до зменшення витрати хім. реагентів.

До промитого й ущільненого осаду в камері коагуляції (5) додається реагент-10%, і 10% вапняне молоко, що призводить до укрупнення часток осідання, легше віддає воду.

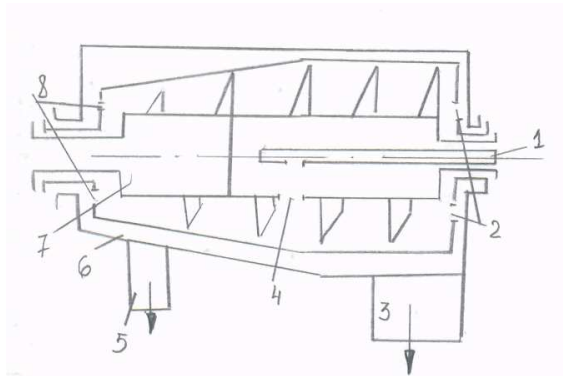


Рис.11 - Схема установки центрифуги типа НОГШ

1 - труба для подачі осаду; 2 - отвір для вивантаження фугату; 3 - бункер для вивантаження угату; 4 - отвір для надходження осаду до ротора; 5 - бункер для вивантаження кека; 6 - ротор; 7 - порожній шнек; 8 - отвір для вивантаження кека.

Для зневоднення осадів застосовують горизонтальні центрифуги зі шнековим пристроєм для вивантаження осаду типу НОГШ. Основними елементами її є конічний ротор із суцільними стінками і порожній шнек. Ротор і шнек обертаються в один бік, але з різними швидкостями, Під дією відцентрової сили часточки твердої фази відкидаються до стінок ротора унаслідок різниці частоти обертання ротора шнека переміщуються до отвору в роторі, через яке зневоднений осад потрапляє до бункера кека рідка фаза (фугат), що утворилася внаслідок осадження твердих часток витісняються через отвори, розташовані з протилежного боку ротора. Пропускна здатність НОГШ не перевищує  $13\text{м}^3/\text{год}$  за вихідним осадом, тому вони можуть бути рекомендовані для застосування на станціях з витра-тою стічних вод не більше  $40000\text{м}^3/\text{доб}$ .

### ***Фільтрування і термічна обробка осаду***

Фільтропрес складається з декількох фільтруючих плит і фільтруючої тканини, протягнутої між ними за допомогою напрямних роликів. Підтримуючі плити зв'язні між собою 4-ма вертикальними опорами, що сприймають навантаження від тиску всередині фільтрувальних плит. У натягнутому стані тканина підтримується за допомогою гідравлічних пристроїв.

Принцип дії: У камеру по колектору подається осад і повітря. Каналами фільтрат і повітря потрапляють у колектор. Потім осад віджимається діафрагмою, для чого в порожнину нагнітається вода під тиском. Після чого плити розсовуються, фільтрувальна тканина пересувається, і кек знімається з неї ножами. Тканина промивається й очищається в спец. пристрої. Зневоднення осаду на фільтропресі дозволяє одержати кек вологістю 70-75%. При цьому концентрація зважених речовин у фільтраті досить висока і складає 1000-1300мг/л. Пропускна здатність фільтропреса за сухою речовиною осаду =20-25кг/год на 1м<sup>2</sup> площі фільтрів при тиску пресування 0,2МПа.

### ***Термічна обробка осаду***

Термічна обробка дозволяє в кілька разів знизити вартість та об'єм осаду, одержати сухий сипучий продукт, цілком звільнений від патогенних мікроорганізмів і яєць гельмінтів. Осади після термічної обробки, залежно від їхнього складу, можуть бути використані як органо - мінеральні добрива, як кормова добавка до раціону деяких тварин або як присадочний матеріал, при зневодненні осаду, а також тверде паливо.

Для термічного сушіння зневодненого осаду застосовують сушарки барабанні, стрічкові, пневматичні.

У них використовують конвективний спосіб сушіння (теплова енергія подається від теплоносного осаду - топкові газу)  $t=800^{\circ}\text{C}$ .

Термічне сушіння осадів рідких (потрібна більша витрата тепла на випарювання вологи). Для спалювання осаду застосовують многоподові печі.



### Контрольні питання

1. У чому полягає суть мезофільного і термофільного зброджування?
2. Які методи обробки осадів існують?
3. Поясніть принцип роботи септика.
4. Проаналізувати двоярусний відстійник. Принцип дії.
5. Які недоліки 2- ярусних відстійників ?
6. Обґрунтувати застосування освітлювачів – перегнивателів.
7. Обґрунтувати конструкції метантенків. Переваги і недоліки кожної конструкції.
8. Як здійснюється збір газу в метантенках?
9. У чому полягає метод аеробної стабілізації?
10. Які особливості устрою мулових площадок?
11. Дати оцінку вакуум – фільтрам. Схема установки для вакуум – фільтрації осаду.
12. У чому полягає суть центрифугування осаду?

## ТЕМА 12. Способи та споруди для знезараження стічних вод

Після біологічного очищення кількість бактерій у стічних водах значно зменшується. Так, при біологічному очищенні на штучних спорудах (на біофільтрах або аеротенках) загальний вміст бактерій зменшується на 95%, при очищенні на полях зрошення – на 99%. Однак цілком знищити хвороботворні бактерії можна тільки знезараженням стічних вод. Стічні води знезаражують різними способами: хлоруванням, електролізом, бактерицидними променями.

Найбільшого поширення набув спосіб хлорування стічних вод. Хлор вводять у стічну воду або у вигляді хлорного вапна, або в газоподібному виді.

За СНіПом 2.04003-85 розрахункову дозу активного хлору варто приймати: після механічного очищення стічних вод –  $10\text{г/м}^3$ ; після повного штучного біологічного очищення –  $3\text{г/м}^3$ ; після неповного штучного біологічного очищення –  $5\text{г/м}^3$ . Хлор, доданий до стічної води, повинний бути ретельно перемішаний з нею. Для того, щоб забезпечити бактерицидний ефект, хлор треба тримати в контакті зі стічною водою до 30 хвилин, після чого воду можна спустити у водойму.

Установка для хлорування газоподібним хлором складається з хлораторної, змішувача і контактних резервуарів. У хлораторній установлюють хлоратори для приготування розчину хлорної води з газу хлор. Хлоратори поділяють на дві основні групи: напірні і вакуумні.

Розроблені електролізні установки для одержання гіпохлорита натрію з технічної повареної солі. Знезараження води гіпохлоритом натрію методом електролізу є одним з видів хлорування. У прийомний бак насипають поварену сіль і заливають водою. Розчин подається в робочий бак, де розбавляється водою до концентрації 100-120г/л. Потім через дозатор електроліт надходить у електролізер. Гіпохлорит натрію збирається у баку-накопичувачі, з якого подається в необхідних дозах залежно від витрат стічної води.

Установки для хлорування стічної води хлорним вапном застосовують на невеликих станціях при витратах стічних вод до  $1000\text{м}^3/\text{доб}$ .

Установка складається з хлораторної, у якій розміщені баки для готування розчину хлорного вапна, допоміжних пристроїв, змішувача і контактних резервуарів.

Розчин хлорного вапна міцністю 10-15% готують у спеціальних затворних баках. Із затворного бака розчин перепускають у розчинні або робочі баки, до яких додають чисту водопровідну воду для доведення міцності розчину до 2-5%. Із робочих баків хлорна вода через дозуючий бочок надходить у змішувач.

Перед спуском очищених стічних вод у водойму при необхідності роблять додаткове насичення цих вод киснем. При достатньому перепаді по висоті рівнів площадки очисних споруджень і рівня води у водоймі влаштовують багатоступінчасті водозливи - аератори, в інших випадках влаштовують спеціальні барботажні споруди для насичення стічної води киснем.

### **Контрольні питання**

1. У чому полягає суть знезараження стічних вод?
2. Які є способи знезараження стічних вод?

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения. – М.: Стройиздат, 1986. – 72с.
2. Запольський А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води. – К.: Вища школа, 2005. – 671с.
3. Кравченко В.С. Водопостачання та каналізація. – К.: Кондор, 2003. – 288с.
4. Фізико – хімічні основи технології очищення стічних вод/Запольський А.К., Мішкова-Клименко Н.А. та ін. – К.: Лібра, 2000. – 552с.
5. Яковлев С.В. Водоотведение и очистка сточных вод. – М.: Вища школа, 2004. - 568с.
6. Ковальчук В.А. Очистка стічних вод. – Рівне: ВАТ „Рівненська друкарня”, 2002. – 437с.
7. Яковлев С.В. и др. Канализация -М. : Стройиздат, 1987. – 319с.
8. Ласков Ю.М., Воронов Ю.В. Примеры расчетов канализационных сооружений. - М.: Стройиздат, 1987. – 295с.
9. Лапицкая М.П. и др. Очистка сточных вод (примеры расчетов) - Минск: Вышэйная школа, 1987. – 195с.
10. Калицун В.И. Водоотводящие сети и сооружений.– М.:Стройиздат, 1987. 217с.
11. Яковенко С.В., Карелина Я.А., Ласков Д.М., Калицун В.И. Водоотведение и очистка сточных вод. - М.: Стройиздат, 1996. – 279с.

## НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

Конспект лекцій з дисципліни „Технологія очистки водно-дисперсних систем”, Модуль 2: «Технологія очищення стічних вод» (для студентів 4 курсу денної форми навчання напряму підготовки 0926 – „Водні ресурси”, спеціальності 6.092600 – „Водопостачання та водовідведення”).

Укладач: Ірина Олексіївна Гуцал

Редактор: М.З.Аляб'єв

Верстка: Ю.П. Степась

План 2009, поз. 46 Л

---

Підп.до друку 09.02.09	Формат 60x84/1/16	Папір офісний
Друк на ризографі	Умовн.-друк.арк. 4,0	Облік.- вид.арк. 4,4
Тираж 50 прим.	Зам.№	

---

61002, Харків, ХНАМГ, вул.Революції, 12

---

Сектор оперативної поліграфії ЦНІТ ХНАМГ

61002, Харків, ХНАМГ, вул.Революції, 12