

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ**

до проведення практичних занять  
та організації самостійної роботи  
з навчальної дисципліни

**«ТЕХНОЛОГІЯ ПЕРЕРОБКИ ТА УТИЛІЗАЦІЇ ОСАДІВ»**

*(для здобувачів вищої освіти всіх форм навчання  
другого (магістерського) рівня  
за спеціальністю 194 – Гідротехнічне будівництво,  
водна інженерія та водні технології)*



**Харків**  
**ХНУМГ ім. О. М. Бекетова**  
**2021**

Методичні рекомендації до проведення практичних занять та організації самостійної роботи з навчальної дисципліни «Технологія переробки та утилізації осадів» (для здобувачів вищої освіти всіх форм навчання другого (магістерського) рівня за спеціальністю 194 – Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. К. Б. Сорокіна. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 52 с.

Укладач канд. техн. наук, доц. К. Б. Сорокіна

Рецензент

**Т. С. Айрапетян**, кандидат технічних наук, доцент кафедри водопостачання, водовідведення і очищення вод Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

*Рекомендовано кафедрою водопостачання, водовідведення та очищення вод, протокол № 1 від 01.09.2021.*

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 МЕТОДИ ОБРОБКИ ОСАДУ СТІЧНИХ ВОД.....	5
2 РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРОВЕДЕННЯ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ.....	7
Тема 1 Визначення кількості утворюваного осаду.....	7
Тема 2 Ущільнення і згущення осадів.....	11
Тема 3 Стабілізація осадів.....	13
Тема 4 Зневоднення осадів.....	18
Тема 5 Технологічні схеми обробки осадів стічних вод.....	25
Тема 6 Утилізація осадів стічних вод та біогазу.....	27
Тема 7 Обробка осадів очисних водопровідних станцій.....	31
3 КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ.....	35
Тема 1 Види, склад і властивості осаду стічних вод.....	35
Тема 2 Характеристика методів переробки осадів стічних вод.....	35
Тема 3 Ущільнення і згущення осадів.....	36
Тема 4 Стабілізація осадів.....	37
Тема 5 Кондиціонування осадів.....	38
Тема 6 Методи зневоднення осадів.....	39
Тема 7 Знезараження осадів.....	40
Тема 8 Термічне сушіння осадів стічних вод.....	40
Тема 9 Ліквідація осадів.....	41
Тема 10 Технологічні схеми обробки осадів стічних вод.....	42
Тема 11 Напрями утилізації осадів стічних вод та біогазу.....	43
Тема 12 Технологія обробки осадів водопровідних очисних станцій.....	44
СПИСОК ДЖЕРЕЛ.....	45
ДОДАТКИ.....	46

## ВСТУП

У загальній проблемі очищення стічних вод обробка осадів становить найскладніше і ще остаточно не вирішене питання. Якщо стічні води після належного очищення знову повертають в кругообіг (у водойму або на повторне використання), то виділені в процесі очищення осадки постійно накопичуються, і проблема їх розміщення і видалення з кожним роком стає все гострішою. Особливо це стосується органічних осадків станцій біологічного очищення міських і виробничих стічних вод, оскільки неорганічний осадок зневоднюють, а потім відвозять і складують в спеціально відведених місцях.

У вихідному вигляді осадки становлять джерело забруднення навколишнього середовища, тому необхідно не тільки знезаражувати і знешкоджувати осадки, але й вирішувати питання видалення їх із території очисних споруд і подальшої утилізації.

Мета обробки осадків стічних вод – отримання продукту, властивості якого забезпечують можливість зменшення його обсягу й утилізації або зведення до мінімуму шкоди, що завдається навколишньому середовищу.

Збір та знешкодження осадків, отриманих під час очищення стічних вод різної природи і походження, в тому числі комунальних стічних вод, потребують, як правило, залучення значних коштів, людських ресурсів, високотехнологічного обладнання тощо. З іншого боку, такі осадки – це величезне і практично ще не задіяне джерело, яке при науково-обґрунтованому підході може стати серйозним підґрунтям для одержання електричної та теплової енергії або органічних чи органо-мінеральних добрив.

# 1 МЕТОДИ ОБРОБКИ ОСАДУ СТИЧНИХ ВОД

Залежно від типу споруд, які застосовують для очищення стічних вод, осади поділяють на такі види:

- грубодисперсні домішки, які затримують решітками;
- важкі домішки (пісок), які затримують пісковловлювачами;
- домішки, що спливають (жирові речовини), які затримують у первинних відстійниках;
- сирі осади – завислі речовини, які затримують під час їх осадження у первинних відстійниках;
- активний мул, який затримують у вторинних відстійниках, – комплекс мікроорганізмів колоїдного типу з частково окисненими забрудненнями, витягнутими зі стічних вод в процесі біологічного очищення;
- надлишкова біоплівка після біологічного очищення в біофільтрах;
- суміші осадів та мулів.

*Основне завдання обробки осадів стічних вод* полягає в отриманні кінцевого продукту, властивості якого забезпечували б можливість його утилізації або зведення до мінімуму шкоди, що завдається навколишньому середовищу, і проводиться з метою зменшення обсягу осаду і його знезараження.

Технологічні процеси обробки осадів стічних вод можна розділити на наступні основні стадії: ущільнення (згущення), стабілізація органічної частини, кондиціювання, зневоднення, термічна обробка, утилізація цінних продуктів або ліквідація осадів. Під час ущільнення в середньому видаляється 60 %, під час механічного зневоднення – 25 %, під час термічного сушіння і спалювання – до 15 % загальної кількості мулової води, що міститься у вихідному осаді. При цьому маса оброблюваного осаду скорочується в середньому під час ущільнення в 2,5 рази, під час зневоднення – в 12,5 разів, під час сушіння – на 60 %, а під час спалювання – в 150 разів.

Технологічний цикл обробки осадів стічних вод, що включає всі види обробки, ліквідації та утилізації, представлений на рисунку 1.1.

*Ущільнення* осадів стічних вод є первинною стадією їх обробки і призначене для зменшення їх обсягів. Найбільш поширені гравітаційний та флотаційний методи ущільнення. Гравітаційне ущільнення здійснюють у відстійниках-ущільнювачах; флотаційне – в установках напірної флотації. Може бути застосовуване також відцентрове ущільнення осадів у циклонах і центрифугах. Перспективним є вібраційне ущільнення шляхом фільтрування осаду стічних вод через фільтрувальні перегородки або за допомогою занурених в осад вібраційних пристроїв.

*Стабілізацію* осадів проводять для руйнування біологічно розкладаної частини органічної речовини, що запобігає загниванню осадів під час тривалого їх зберігання на відкритому повітрі (сушка на мулових площадках, використання в якості сільськогосподарських добрив та ін.).

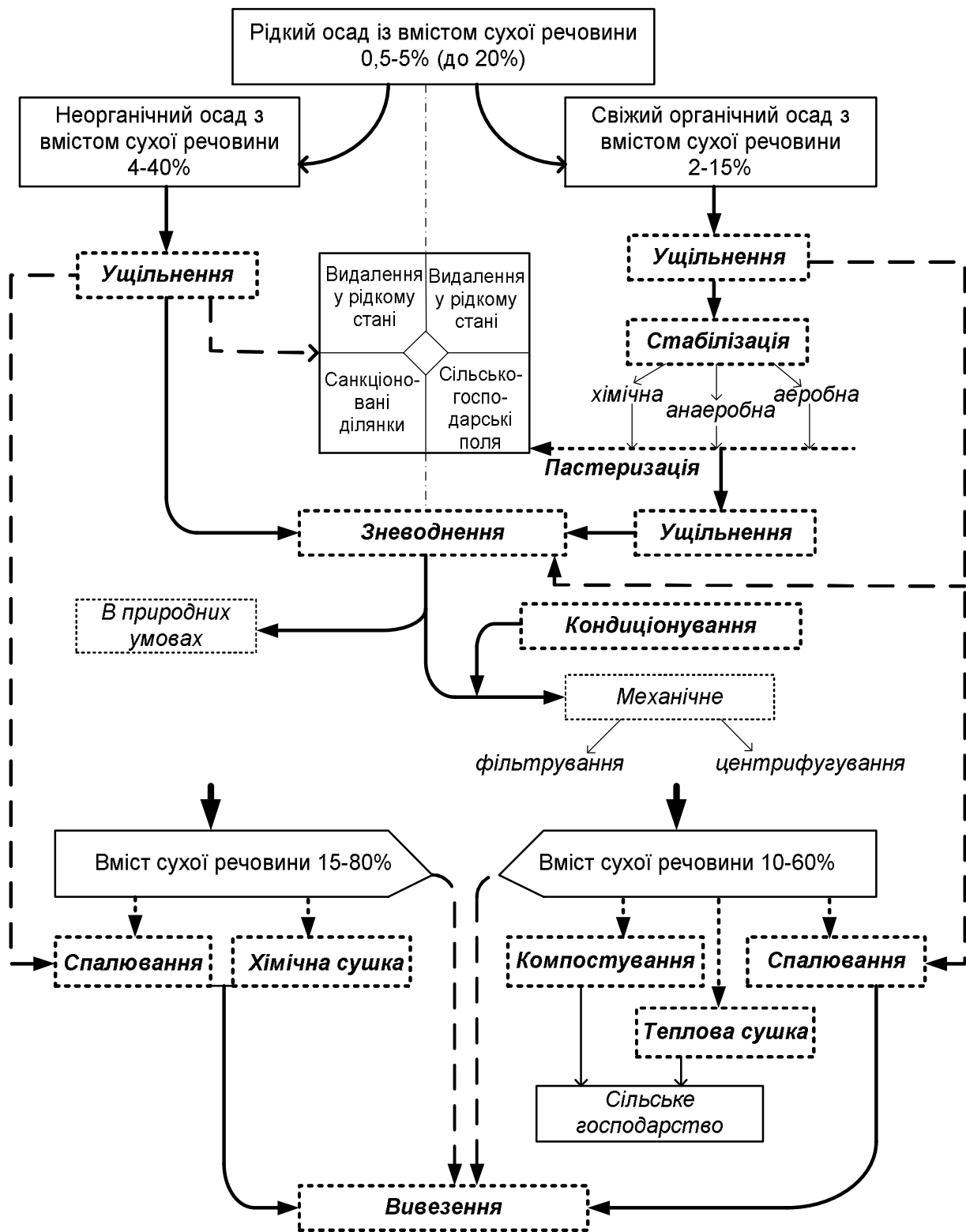


Рисунок 1.1 – Технологічний цикл обробки осадів стічних вод

Стабілізація або мінералізація органічної речовини осаду може здійснюватися в анаеробних умовах (метанове бродіння) і в аеробних умовах. Аеробна стабілізація – тривале аерування осадів в спорудах типу аеротенків, в результаті чого відбувається розпад основної частини біологічно розкладаних речовин, схильних до гниття. Період аеробної стабілізації за температури 20 °С

становить 8–11 діб, витрата кисню для стабілізації 1 кг органічної речовини мулу – 0,7 кг. Зброджування осаду в метантенках в анаеробних умовах здійснюють в мезофільному (при  $t = 33\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) або термофільному (при  $t = 53\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) режимах, що визначається способом подальшої обробки осаду.

*Кондиціонування* осадів проводять для руйнування колоїдної структури осаду органічного походження і збільшення їх вологовіддачі під час зневоднення. Застосовують в основному реагентний метод кондиціонування.

*Зневоднення* осадів стічних вод призначене для отримання осаду (кеку) вологістю 50–80 %. До недавнього часу зневоднення здійснювалося в основному сушінням осадів на мулових площадках. Однак низька ефективність такого процесу, дефіцит земельних ділянок в промислових районах і забруднення повітряного середовища зумовили розробку і застосування більш ефективних методів зневоднення: вакуум-фільтрування, центрифугування, фільтр-пресування, термічне сушіння.

*Ліквідацію* осадів стічних вод застосовують в тих випадках, коли утилізація їх є неможливою або економічно недоцільною.

Вибір раціональної технологічної схеми обробки осаду є складним інженерно-економічним та екологічним завданням, але в будь-якому випадку технологічна схема будується на комбінації різних методів обробки осадів, так як технологічні схеми обробки осадів залежать від багатьох факторів: властивостей осадів, їх кількості, кліматичних умов, наявності земельних площ тощо.

## **2 РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРОВЕДЕННЯ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ**

### **Тема 1 Визначення кількості утворюваного осаду**

- 1. Розрахування кількості відходів, затриманих решітками.**
- 2. Розрахування кількості важких мінеральних осадів, затриманих пісковловлювачами.**
- 3. Розрахування кількості органічних осадів.**

#### ***1 Розрахування кількості відходів, затриманих решітками***

До складу забруднень входять великі завислі речовини і такі, що плавають, переважно органічного походження. За даними експлуатації очисних станцій середній склад цих забруднень у відсотках включає папір – 65, ганчір'я – 25, деревину, пластик – 4, інші забруднення – 6.

Прозори між стрижнями решіток мають бути якомога меншими, щоб затримувати якомога більше грубих домішок для полегшення роботи відстійників.

Затримані забруднення можуть піддаватися дробленню з наступним випуском їх в канал перед решітками. Переробка цих забруднень може здійснюватися в метантенках, на піролізних установках разом з іншими осадами, а також шляхом компостування для отримання добрива разом зі сміттям.

Кількість відходів, затриманих решітками, становить

$$W_{\text{доб}}^p = \frac{N_{\text{нав}} \cdot q_{\text{забр}}}{365 \cdot 1000}, \text{ м}^3/\text{добу}, \quad (2.1)$$

де  $q_{\text{забр}}$  – питома кількість відходів, яка залежить від ширини прозорів решітки, л/(рік·особу), приймають за таблицею 18 [1] (дод. А);

$N_{\text{нав}}$  – наведена кількість мешканців, осіб.

Щільність і вологість відходів слід визначати за паспортними даними виробників обладнання, що застосовується. За умови відсутності даних допускається приймати (п. 10.2.1.6 [1]):

– щільність відходів до зневоднення – 870 кг/м<sup>3</sup>, після зневоднення – 690 кг/м<sup>3</sup>;

– вологість відходів до зневоднення – 90 %, після зневоднення – 70 % (до 50 %);

– зольність відходів – 7–8 %.

Маса затриманих відходів становить

$$M_{\text{відх.}} = \frac{\rho_{\text{відх.}} \cdot W_{\text{доб}}^p}{1000}, \text{ т/добу}; \quad (2.2)$$

де  $\rho_{\text{відх.}}$  – щільність відходів, кг/м<sup>3</sup>;

$$M'_{\text{відх.}} = \frac{1000 \cdot M_{\text{відх.}} \cdot K}{24}, \text{ кг/год}, \quad (2.3)$$

де  $K$  – коефіцієнт нерівномірності надходження відходів, який становить 2.

Для ущільнення, пресування та передачі до накопичувальної ємкості або на транспортер забруднень, що знімають з каналізаційних сміттєзатримувальних пристроїв, можуть бути використані преси гвинтові віджимні.

Прес може працювати як в безперервному режимі, так і періодично в складі технологічної ліній очисних споруд, забезпечуючи поліпшення санітарно-гігієнічних умов і зменшення в 4–5 разів обсягів вивезених відходів до місць складування.

## **2 Розрахування кількості важких мінеральних осадів, затриманих пісковловлювачами**

Пісковловлювачі призначені для виділення зі стічних вод важких мінеральних домішок; їх проєктують перед відстійниками.

До складу важких осадів зазвичай входить головним чином пісок, а також уламки окремих мінералів, цегла, вугілля, бите скло та ін.

Застосування пісковловлювачів обумовлено тим, що за умови спільного виділення у відстійниках мінеральних і органічних домішок виникають значні труднощі під час видалення осаду з відстійників і подальшої його стабілізації.

Добовий обсяг осаду, що накопичується у пісковловлювачах, становить

$$W_{\text{доб}}^n = \frac{N_{\text{нав}} \cdot q_{\text{ос}}}{1000}, \text{ м}^3/\text{добу}, \quad (2.4)$$

де  $q_{\text{ос}}$  – питома кількість піску, що накопичується у пісковловлювачах, л/добу·особу, приймають за таблицею 20 [1] (дод. Б) залежно від типу пісковловлювачів.

Річний обсяг піску, що затримується у пісковловлювачах, становить



$$W_{рік}^n = \frac{365 \cdot N_{нав} \cdot q_{ос}}{1000}, \text{ м}^3/\text{год.} \quad (2.5)$$

Питома вага осаду, що затримується пісковловлювачами, становить  $\rho_{п} = 1500 \text{ кг/м}^3$ .

Маса осаду, який затримують пісковловлювачі, може бути визначена за формулою

$$M_n = \frac{\rho_n \cdot W_{доб}^n}{1000}, \text{ т/добу.} \quad (2.6)$$

Відкачування накопиченого в бункерах пісковловлювачів осаду здійснюється пісковими насосами, гідроелеваторами, шнековими підйомниками і рідше ерліфтами. Відкачаний осад (піскопульпа) має велику вологість – 98–99 %, що викликає необхідність його зневоднення.

Для зневоднення і підсушування осаду на великих станціях очищення стічних вод передбачають *піскові площадки*, що становлять карти з огорожувальними валиками висотою 1–2 м, обладнані шахтними водоскидами для відводу відстояної води. Виділена дренажна вода прямує в голову споруд.

Робоча площа піскових площадок залежить від навантаження на них і становить

$$S_p = \frac{W_{рік}^n}{h_{рік}^n}, \text{ м}^2, \quad (2.7)$$

де  $h_{рік}^n$  – річне навантаження на площадки, що становить не більше  $3 \text{ м}^3/\text{м}^2\text{-рік}$ .

Загальна площа піскових площадок становить

$$S_{заг} = (1,2 \dots 1,3) \cdot S_p, \text{ м}^2. \quad (2.8)$$

Приймають кількість площадок – не менше двох.

Більш раціональний метод обробки осаду з пісковловлювачів – відмивання, зневоднення і підсушування піску з подальшим використанням його в будівництві. Для цього можна використовувати спеціальні піскові бункери, пристосовані для наступного навантаження піску в автотранспорт.

Такі бункери розраховують на 1,5–5-добове зберігання піску. Для підвищення ефективності відмивання піску застосовують напірні гідроциклони діаметром 300 мм. Дренажна вода з бункерів і площадок повертається в канал перед пісковловлювачами.

Необхідний обсяг бункерів становить

$$W_{б}^n = W_{доб}^n \cdot T, \text{ м}^3, \quad (2.9)$$

де  $T$  – тривалість зберігання піску в бункері, що становить 1,5–5 діб.

Обсяг одного бункера становить

$$w_{1б}^n = \frac{\pi}{4} \cdot \left[ D^3 + \frac{D}{3} \cdot (D^2 + D + 1) \right], \text{ м}^3, \quad (2.10)$$

де  $D$  – діаметр бункера, що становить 1,5–2 м.

Кількість бункерів

$$n_{б} = \frac{W_{б}^n}{w_{1б}^n}. \quad (2.11)$$

Кількість бункерів має бути не менше двох.

### 3 Розрахування кількості органічних осадів

Концентрація забруднень у господарсько-побутових стічних водах визначають так:

$$C_i^{r/n} = \frac{C_i \cdot 1000}{q_{\text{макс}}^{\text{доб}}}, \text{ мг/дм}^3, \quad (2.12)$$

де  $C_i$  – кількість забруднюючих речовин на одного мешканця, г/добу, визначають за таблицею 16 [1] (дод. В);

$q_{\text{макс}}^{\text{доб}}$  – норма водоспоживання в населеному пункті, л/добу·особу.

Якщо на розглянуті очисні споруди надходить суміш побутових і виробничих стічних вод, загальна витрата стічних вод становить

$$Q_{\text{mid}} = Q_{\text{mid}}^{r/n} + Q_{\text{mid}}^{\text{пп}}, \text{ м}^3/\text{добу}. \quad (2.13)$$

Концентрація забруднень суміші стічних вод складе

$$C_i = \frac{(C_i^{r/n} \cdot Q_{\text{mid}}^{r/n} + C_i^{\text{пп}} \cdot Q_{\text{mid}}^{\text{пп}})}{Q_{\text{mid}}}, \text{ мг/дм}^3. \quad (2.14)$$

Кількість осаду, що виділяється під час відстоювання за добу в первинних відстійниках, за сухою речовиною

$$Q_{\text{сух}} = \frac{C_{\text{ен}} \cdot E \cdot K}{10^6} \cdot Q_{\text{mid}}, \text{ т/добу}, \quad (2.15)$$

де  $K$  – коефіцієнт, що враховує збільшення обсягу осаду за рахунок великих фракцій суспензії, що не вловлюють при відборі проб;  $K = 1,1-1,2$ .

Витрата надлишкового активного мулу (за сухою речовиною) становить

$$M_{\text{сух}} = \left[ \frac{0,8 \cdot C_{\text{ен}} \cdot (1-E) + \alpha \cdot (L_a - b)}{10^6} \right] \cdot Q_{\text{mid}}, \text{ т/добу}, \quad (2.16)$$

де  $\alpha$  – коефіцієнт приросту активного мулу;  $\alpha = 0,3-0,5$ ;

$b$  – винесення активного мулу з вторинних відстійників, мг/л;

$L_a$  – БСК<sub>повн</sub> стічних вод після прояснення мгО<sub>2</sub>/л.

Витрата осаду і надлишкового активного мулу за беззольною речовиною становить

$$Q_{\text{без}} = \frac{Q_{\text{сух}} \cdot (100 - P_g) \cdot (100 - S_{\text{mud}})}{100 \cdot 100}, \text{ т/добу}; \quad (2.17)$$

$$M_{\text{без}} = \frac{M_{\text{сух}} \cdot (100 - P'_g) \cdot (100 - S_{\text{a mud}})}{100 \cdot 100}, \text{ т/добу}, \quad (2.18)$$

де  $P_g, P'_g$  – гігроскопічна вологість сирого осаду і надлишкового активного мулу; приймають 5–6 %;

$S_{\text{mud}}, S_{\text{a mud}}$  – зольність сухої речовини осаду та мулу;  $S_{\text{mud}} = 27\%$ ,  $S_{\text{a mud}} = 25\%$ .

Обсяг сирого осаду і надлишкового активного мулу визначають за формулами:

$$V_{\text{ос}} = \frac{100 \cdot Q_{\text{сух}}}{(100 - P_{\text{ос}}) \cdot \rho_{\text{ос}}}, \text{ м}^3/\text{добу}; \quad (2.19)$$

$$V_{\text{мул}} = \frac{100 \cdot M_{\text{сух}}}{(100 - P_{\text{мул}}) \cdot \rho_{\text{a mud}}}, \text{ м}^3/\text{добу}, \quad (2.20)$$

де  $P_{\text{ос}}$  – вологість сирого осаду, %; приймають 93–95 %;

$P_{\text{мул}}$  – вологість активного мулу, %; приймають для неущільненого мулу

99,2–99,7 %, для ущільненого – 97–98 %;

$\rho_{oc}, \rho_{a mud}$  – щільність осаду і активного мулу, т/м<sup>3</sup>; для практичних розрахунків може бути прийнята такою, що становить 1 т/м<sup>3</sup>.

Загальна витрата сирого осаду і надлишкового активного мулу на станції становить:

– за сухою речовиною

$$B_{сух} = Q_{сух} + M_{сух}, \text{ т/добу}; \quad (2.21)$$

– за сухою беззольною речовиною

$$B_{без} = Q_{без} + M_{без}, \text{ т/добу}; \quad (2.22)$$

– за витратою суміші фактичної вологості

$$V_{заг} = V_{ос} + V_{мул}, \text{ м}^3/\text{добу}. \quad (2.23)$$

Середня вологість суміші становить

$$P_{сер} = 100 \cdot \left(1 - \frac{B_{сух}}{V_{заг}}\right), \%. \quad (2.24)$$

Середня зольність

$$Z_{сум} = 100 \cdot \left[1 - \frac{B_{без}}{Q_{сух} \cdot (100 - P_g) / 100 + M_{сух} \cdot (100 - P'_g) / 100}\right], \%. \quad (2.25)$$

## Тема 2 Ущільнення і згущення осадів

Під час проектування радіальних і вертикальних гравітаційних мулоущільнювачів слід приймати:

- випуск ущільненого осаду під гідростатичним напором не менше 1 м;
- мулососи і мулоскреби для видалення осаду;
- подачу мулової води з ущільнювачів в аеротенки;
- кількість мулоущільнювачів не менше двох, причому обидва такі, що працюють.

Під час проектування радіальних мулоущільнювачів приймають: висоту зони проясненої мулової води – 0,4–0,6 м; висоту нейтрального шару – 0,3–0,5 м; висоту зони ущільненого осаду і розміщення скребків – 0,3 м (за умови використання мулососів її збільшують до 0,7 м).

Як мулоущільнювачі приймають вертикальні або радіальні відстійники, основні параметри яких наведені в *додатках Д, Е*.

Мулоущільнювачі розраховують на максимальний годинний приплив надлишкового активного мулу, який може бути визначений за формулою

$$q_{max} = \frac{p_{max} \cdot Q_{mid}}{24 \cdot c}, \text{ м}^3/\text{год.}, \quad (2.26)$$

де  $p_{max}$  – максимальний приріст мулу з урахуванням сезонної нерівномірності, г/м<sup>3</sup>, який становить

$$p_{max} = K_m \cdot P_i, \text{ г/м}^3, \quad (2.27)$$

де  $K_m$  – коефіцієнт сезонної нерівномірності приросту мулу, який становить 1,3;

$P_i$  – приріст мулу, який визначають залежно від ступеня очищення стічних вод

$$p_i = 0,8 \cdot C_{\text{cdp}} + K_g \cdot L_a, \text{ г/м}^3, \quad (2.28)$$

де  $C_{\text{cdp}}$  – концентрація завислих речовин в стічній воді, що надходить в аеротенк з первинного відстійника, мг/л;

$K_g$  – коефіцієнт приросту; для міських і близьких до них за складом виробничих стічних вод  $K_g = 0,3$ ; за умови очищення стічних вод в оксітенках величина  $K_g$  знижується до 0,25;

$L_a$  – БСК<sub>повн</sub> стічних вод, які надходять в аеротенки, мг/л;

$C$  – концентрація надлишкового активного мулу, що надходить в мулоущільнювачі; за умови вологості  $P_{\text{en}} = 99,6\% - C = 4000 \text{ г/м}^3$ .

Дані для розрахунку гравітаційних мулоущільнювачів слід приймати відповідно до додатка Г.

*Вертикальні мулоущільнювачі*, що влаштовують на базі звичайних первинних вертикальних відстійників з центральною трубою, застосовують на станціях невеликої продуктивності (орієнтовно до 20 000 м<sup>3</sup>/добу.).

Для вертикальних мулоущільнювачів висота проточної частини становить

$$h = 3,6 \cdot V \cdot t, \text{ м}, \quad (2.29)$$

де  $V$  – швидкість руху рідини, мм/с; приймають за додатком Г;

$t$  – тривалість ущільнення, год.; приймають за додатком Г.

Корисна площа поперечного перерізу мулоущільнювачів становить

$$F_{\text{кор}} = \frac{q_p}{3,6 \cdot V_{0.3}}, \text{ м}^2, \quad (2.30)$$

де  $q_p$  – максимальна витрата рідини, що відділяється в процесі ущільнення мулу за 1 годину, м<sup>3</sup>/год.:

$$q_p = q_{\text{max}} \cdot \frac{P_{\text{en}} - P_{\text{ex}}}{100 - P_{\text{ex}}}, \text{ м}^3/\text{год.}, \quad (2.31)$$

де  $P_{\text{en}}$  – вологість мулу, який надходить, %;

$P_{\text{ex}}$  – вологість ущільненого мулу, %; приймають за додатком Г;

$V_{0.3}$  – швидкість руху рідини у зоні відстоювання вертикального мулоущільнювача, мм/с; приймають за додатком Г.

Площа поперечного перерізу центральної труби становить

$$f_{\text{тр}} = \frac{q_{\text{max}}}{3600 \cdot V_{\text{ц.тр}}}, \text{ м}^2, \quad (2.32)$$

де  $V_{\text{ц.тр}}$  – швидкість руху рідини у вертикальній трубі, м/с;  $V_{\text{ц.тр}}$  приймають 0,1 м/с.

Загальна площа мулоущільнювачів становить

$$F_{\text{заг}} = F_{\text{кор}} + f_{\text{тр}}, \text{ м}^2. \quad (2.33)$$

Діаметр одного ущільнювача

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\text{заг}}}{\pi \cdot n}}, \text{ м}, \quad (2.34)$$

де  $n$  – кількість ущільнювачів.

Тривалість ущільнення надлишкового активного мулу визначають за формулою

$$T = \frac{h'}{3,6 \cdot V_{3.0}}, \text{ год.}, \quad (2.35)$$

де  $h'$  – розрахункова глибина проточної частини типового мулоущільнювача, м.

Час ущільнення мулу у вертикальних відстійниках складає 10–15 год. (дод. Г).

Тривалість зберігання ущільненого мулу в муловій частини мулоущільнювача становить

$$T_{\text{мул}} = \frac{W_{\text{мул}} \cdot n}{q_y}, \text{ год.}, \quad (2.36)$$

де  $W_{\text{мул}}$  – обсяг мулової (конічної) частини типового відстійника, м<sup>3</sup> (дод. Д);  
 $q_y$  – годинна витрата ущільненого мулу, м<sup>3</sup>/год:

$$q_y = q_{\text{max}} \cdot \frac{100 - P_{\text{ен}}}{100 - P_{\text{ех}}}, \text{ м}^3/\text{год.} \quad (2.37)$$

Отримане значення  $T_{\text{мул}}$  має відповідати рекомендованому часу ущільнення.

Для *радіальних мулоущільнювачів* необхідний обсяг мулоущільнювача становить

$$W = q_{\text{max}} \cdot T, \text{ м}^3. \quad (2.38)$$

(тривалість ущільнення  $T$  приймають за *додатком Г*).

Кількість мулоущільнювачів становить

$$n = \frac{W}{W_{\text{з.в.}}} \quad (2.39)$$

Навантаження на дзеркало мулоущільнювачів становить

$$q_o = \frac{q_{\text{max}}}{n \cdot \pi \cdot R^2}, \frac{\text{м}^3}{\text{м}^2 \cdot \text{год}}, \quad (2.40)$$

де  $R$  – радіус відстійника, м.

Навантаження має знаходитися в межах допустимого для радіальних мулоущільнювачів ( $q_o = 0,2-0,5 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$ ).

Визначають розрахункові витрати ущільненого мулу за його вологості 97,3 % за формулою (2.37) і максимальний обсяг рідини, що відділяється в процесі ущільнення за формулою (2.31).

## Тема 3 Стабілізація осадів

### 1. Анаеробне зброджування.

### 2. Аеробна стабілізація.

#### *1 Анаеробне зброджування*

Для *анаеробного зброджування* осадів міських стічних вод застосовують метантенки з метою стабілізації і отримання газу бродіння, який містить метан. При цьому враховують склад осаду, наявність речовин, що гальмують процес зброджування і впливають на вихід газу.

Для зброджування осадів у метантенках приймають мезофільний ( $t = 33 \text{ }^\circ\text{C}$ ) або термофільний ( $t = 53 \text{ }^\circ\text{C}$ ) режим. Вибір режиму зброджування слід проводити з урахуванням методів подальшої обробки та утилізації осадів, а також санітарних вимог.

Для підтримки необхідного режиму збродження необхідно передбачати:

- рівномірне завантаження осаду в метантенки протягом доби;
- обігрів гострою парою, що випускається через ежекторні пристрої або подається в теплообмінні апарати.

Необхідну кількість тепла слід визначати з урахуванням тепловтрат у навколишнє середовище.

Під час проектування метантенків належить передбачати:

- заходи щодо вибухопожежної безпеки обладнання і обслуговуючих приміщень;

- кількість метантенків не менше двох, обидва робочі;

- відношення діаметру метантенка до його висоти  $H$  (від днища до заснування газозбірної горловини) не більше 0,8–1;

- розташування статичного рівня осаду на 0,2–0,3 м вище основи горловини, а верх – на 1,0–1,5 м вище динамічного рівня осаду;

- площа газозбірної горловини за умови пропускання 600–800 м<sup>3</sup> газу на добу на 1 м<sup>3</sup> площі;

- розташування відкритих кінців труб для відводу газу з газового ковпака на висоті не менше 2 м від динамічного рівня;

- завантаження осаду у верхню зону метантенку і вивантаження з нижньої зони;

- систему спорожнення резервуарів метантенків – з можливістю подачі осаду з нижньої зони в верхню;

- перемикання, що забезпечують можливість промивання всіх трубопроводів;

- пристрої для перемішування, які розраховані на пропуск протягом 5–10 год. усього обсягу маси, яку зброджують;

- люки, лази, оглядові люки, які герметично закриваються;

- відстані від метантенків до основних споруд станції, внутрішньомайданчикових автомобільних доріг і залізничних колій – не менше 20 м, до високовольтних ліній – не менше 1,5 висоти опори;

- огорожу території метантенків.

Визначення ємкості метантенків проводять залежно від фактичної вологості осаду за добовою дозою завантаження (*дод. Ж*); для осадів виробничих стічних вод – на підставі експериментальних даних.

За наявності в стічних водах ПАР прийняту добову дозу завантаження слід перевіряти за формулою:

$$D_{mt} = \frac{10 \cdot D_{lim}}{C_{dt} \cdot (100 - P_{mud})}, \% \quad (2.41)$$

де  $D_{lim}$  – гранично допустиме завантаження робочого об'єму метантенка на добу, г/м<sup>3</sup>, яке приймають:

40 – для алкілбензолсульфатів з прямим алкільним ланцюгом;

85 – для інших «м'яких» і проміжних аніонних ПАР;

65 – для аніонних ПАР в побутових стоках;

$C_{dt}$  – вміст ПАР в осаді, мг/г сухої речовини осаду, приймають за

експериментальними даними;

$R_{mud}$  – вологість завантажуваного осаду, %.

Якщо розрахована добова доза  $D_{mt}$  виявиться меншою від зазначеної в додатку Ж, то обсяг метантенка слід визначати за отриманим значенням; якщо становить або перевищує зазначену – за табличними даними.

Вологість осаду, що вивантажується з метантенка, слід приймати залежно від завантаження компонентів за сухою речовиною з урахуванням розпаду беззольної речовини.

Розпад беззольної речовини осаду, що завантажуються, залежно від дози завантаження визначають за формулою

$$R_r = R_{lim} - K_r \cdot D_{mt}, \% \quad (2.42)$$

де  $R_{lim}$  – максимально можливе зброджування беззольної речовини осаду, що завантажуються, %:

$$R_{lim} = (0,92 \cdot C_{fat} + 0,62 \cdot C_{gl} + 0,34 \cdot C_{prt}) \cdot 100, \% \quad (2.43)$$

де  $C_{fat}, C_{gl}, C_{prt}$  – відповідно вміст жирів, вуглеводів і білків в 1 г беззольної речовини осаду, який визначається аналізом;

$K_r$  – коефіцієнт, що залежить від вологості осаду (дод. И).

За відсутності даних про хімічний склад осаду величину  $R_{lim}$  допускається приймати

– для осаді з первинних відстійників –  $R_{lim.oc} = 53$  %;

– для надлишкового активного мулу –  $R_{lim.мул} = 44$  %;

– для суміші осаду з активним мулом – за середньоарифметичним співвідношенням компонентів, які змішують, за беззольною речовиною:

$$R_{lim} = \frac{R_{lim.oc} \cdot Q_{без} + R_{lim.мул} \cdot M_{без}}{B_{без}}, \% \quad (2.44)$$

Розрахунковий обсяг метантенків становить

$$V_{mt} = \frac{V_{зар} \cdot 100}{D_{mt}}, м^3 \quad (2.45)$$

До установки слід приймати сталеві метантенки корисним об'ємом 1 100 – 2 500 – 5 000 – 9 000 м<sup>3</sup> або залізобетонні, конструктивні розміри яких наведені в додатку К.

Фактичний обсяг метантенків зазвичай виявляється дещо більшим або меншим необхідного, у зв'язку з чим фактична доза завантаження, відповідно, знижується або підвищується до значення

$$D'_{mt} = \frac{V_{зар} \cdot 100}{V_{факт.}^{mt}}, \% \quad (2.46)$$

Кількість беззольної речовини, яка розпалася, становить

$$B_{розп} = B_{без} \cdot R_r, т. \quad (2.47)$$

Розпад беззольних речовин призводить до зменшення маси сухої речовини і збільшення вологості осаду, причому сумарний об'єм суміші після зброджування практично не змінюється.

Масу беззольної речовини зброженого осаду розраховують за формулою

$$B'_{без} = \frac{B_{без} \cdot (100 - R_r)}{100}, т/добу. \quad (2.48)$$

Маса сухої речовини в збродженій суміші

$$B'_{\text{сух}} = (B_{\text{сух}} - B_{\text{без}}) + B'_{\text{без}}, \text{ т/добу.} \quad (2.49)$$

Різниця  $(B_{\text{сух}} - B_{\text{без}})$  є зольною частиною, яка не змінилася в процесі зброджування.

Вологість збродженої суміші визначають за формулою:

$$P'_{\text{сум}} = 100 - \frac{B'_{\text{сух}}}{V_{\text{заг}}} \cdot 100, \% \quad (2.50)$$

Зольність збродженої суміші

$$Z'_{\text{сум}} = 100 - \frac{B'_{\text{без}} \cdot 10\,000}{B'_{\text{сух}} \cdot (100 - P''_g)}, \% \quad (2.51)$$

де  $P''_g$  – гігроскопічна вологість збродженої суміші, що становить 6 %.

## 2 Аеробна стабілізація

Метод *аеробної стабілізації осадів* полягає в тривалому аеруванні їх, в результаті якого відбувається розпад органічних беззольних речовин осаду, а органічні речовини, що залишилися, є стабільними, тобто нездатними до загнивання.

На аеробну стабілізацію допускається направляти неущільнений або ущільнений протягом 5 год. активний мул, а також суміш його з сирим осадом.

Ущільнений активний мул або суміш його з осадом первинних відстійників нерационально піддавати аеробній стабілізації, так як це призводить до різкого збільшення питомого опору осаду.

Під час аеробної стабілізації відбувається загибель бактерій солі більш, ніж на 95 %, але яйця гельмінтів при цьому не гинуть, тому осади після аеробної стабілізації необхідно знезаражувати.

Для аеробної стабілізації слід передбачати споруди типу коридорних аеротенків.

Тривалість аерації при температурі 20 °С належить приймати:

- для неущільненого мулу – 2–5 діб;
- для суміші осаду первинних відстійників і неущільненого мулу – 6–7 діб;
- для суміші осаду і ущільненого активного мулу – 8–12 діб.

За більш високої температури осаду тривалість аеробної стабілізації належить зменшувати, а за меншої – збільшувати. За умови зміни температури на 10 °С тривалість стабілізації відповідно змінюється в 2,0–2,2 рази.

Аеробна стабілізація осаду може здійснюватися в діапазоні температур 8–35 °С.

Для осадів виробничих стічних вод тривалість процесу слід визначати експериментально. Витрату повітря на аеробну стабілізацію необхідно приймати 1–2 м<sup>3</sup>/год. на 1 м<sup>3</sup> місткості стабілізатора від концентрації осаду відповідно 99,5–97,5 %. При цьому інтенсивність аерації має бути не менше 6 м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·год).

Ущільнення аеробно стабілізованого осаду слід передбачати або в окремо розташованих мулоущільнювачах, або в спеціально виділеній зоні всередині стабілізатора протягом не більше 5 год. Вологість ущільненого осаду має становити 96,5–98,5 %.



Мулова вода з ущільнювачів має спрямовуватися в аеротенки. Ступінь її забруднення слід приймати: за БСК<sub>повн</sub> – 200 мг/л; за завислими речовинами – до 100 мг/л.

Для аеробно стабілізованих осадів слід передбачати подальшу обробку так само, як для осадів, зброджених в мезофільних умовах. Водовіддача їх значно краща за вихідних та анаеробно зброджених осадів. Вони швидко підсихають на мулових площадках при навантаженні в 1,5 рази більше, ніж для термофільно зброджених осадів, а підготовка їх до механічного зневоднення простіша, ніж осадів, зброджених в анаеробних умовах.

Вік мулу може бути підрахований за формулою

$$\tau = \frac{t_a \cdot a_a \cdot 1000}{C_{сдр} \cdot 24}, \text{ доба}, \quad (2.52)$$

де  $t_a$  – тривалість обробки стічної води в аеротенках, год;

$a_a$  – доза мулу, г/л.

Час стабілізації *неущільненого активного мулу* в стабілізаторі

$$t_{\text{мул}} = \frac{[(8 \dots 10) + 0,02 \cdot (20 - T_a) \cdot (\tau + 5)]}{1,08^{20 - T_c}}, \text{ доба}, \quad (2.53)$$

де  $T_a$  – температура стічних вод в аеротенках, °С;

$T_c$  – температура активного мулу в аеробному стабілізаторі, °С.

Питома витрата кисню становить

$$q_{\text{мул}} = \frac{0,96 + 0,016 \cdot \tau}{1 + 0,108 \cdot \tau} \text{ кг О}_2/\text{ кг ОР}. \quad (2.54)$$

Необхідний об'єм аеробного стабілізатора становить

$$V_{\text{ас}} = V_{\text{мул.н}} \cdot t_{\text{мул}}, \text{ м}^3, \quad (2.55)$$

( $V_{\text{мул.н}}$  необхідно визначати за формулою (2.20)).

Далі визначають параметри типового стабілізатора [8] (дод. Н).

Необхідна кількість повітря становить

$$D = \frac{q_{\text{мул}} \cdot S_o \cdot 1000}{K_1 \cdot K_2 \cdot K_T \cdot K_3 \cdot (C_p - C)}, \text{ м}^3/\text{м}^3 \text{ мулової суміші}, \quad (2.56)$$

де  $S_o$  – концентрація беззольної речовини у неущільненому мулі, який надходить на стабілізацію, кг/м<sup>3</sup>:

$$S_o = \frac{M_{\text{без}} \cdot 1000}{V_{\text{мул.н}}} \text{ кг/м}^3; \quad (2.57)$$

$C$  – концентрація кисню в стабілізаторі, мг/л;  $C = 1-2$  мг/л;

$C_p$  – розчинність кисню повітря у воді, мг/л; залежить від температури, атмосферного тиску і глибини занурення аератора;

$C_p - C = 9,4$  мг/л;

$K_1$  – коефіцієнт, що враховує тип аератора; може бути визначений для дрібнопухирцевої аерації за [1, табл. В.6] залежно від співвідношення площ аерованої зони і стабілізатора; для середньопухирцевої і низьконапірної аерації  $K_1 = 0,75$ ;

$K_2$  – коефіцієнт, що залежить від глибини занурення аераторів  $h_a$ , м; визначають за [1, таблиця В.7]; за умови, що  $h_a = 3$  м –  $K_2 = 2,08$ ; за умови, що  $h_a = 4$  м –  $K_2 = 2,52$ ; за умови  $h_a = 5$  м –  $K_2 = 2,92$ .

$K_T$  – коефіцієнт, що враховує температуру стічних вод:

$$K_T = 1 + 0,02 \cdot (T_w - 20), \quad (2.58)$$

де  $T_w$  – середньомісячна температура води за літній період, °С;

$K_3$  – коефіцієнт якості стічних вод; для стічних вод господарсько-побутової каналізації населеного пункту  $K_3 = 0,85$ ; за наявності СПАР  $K_3$  приймають залежно від співвідношення площ аерованої зони і стабілізатора за [1, таблиця В.8], для виробничих стічних вод – за дослідними даними (за їх відсутності допускається приймати  $K_3 = 0,7$ ).

Під час розрахунку тривалості аеробної стабілізації суміші сирого осаду і неущільненого активного мулу необхідно визначити відношення беззольної речовини осаду до беззольної суміші за формулою:

$$B = \frac{Q_{\text{без}}}{B_{\text{без}}}, \quad (2.59)$$

тоді період стабілізації активного мулу і сирого осаду становить

$$t_c = t_{\text{мул}} + 2 \cdot B, \text{ доба.} \quad (2.60)$$

Питома кількість кисню для суміші осаду і мулу становить

$$q_c = q_{\text{ил}} \cdot (1 + 0,4 \cdot B \cdot \sqrt{\tau}) \text{ кг O}_2/\text{кг БЗ.} \quad (2.61)$$

Необхідний обсяг стабілізатора становить

$$V_c = V_{\text{сум}} \cdot t_c \text{ м}^3, \quad (2.62)$$

де  $V_{\text{сум}}$  – обсяг осаду, що надходить в аеробний стабілізатор, тобто обсяг суміші сирого осаду і неущільненого активного мулу (формули (2.19) і (2.20)).

Концентрація беззольної речовини суміші сирого осаду і надлишкового ущільненого активного мулу становить

$$S_o = \frac{B_{\text{без}}}{V_{\text{сум}}} \text{ кг/м}^3. \quad (2.63)$$

Далі визначають необхідну питому кількість повітря за формулою (2.56). Значення коефіцієнтів приймають відповідно до типу аерації, використовуваної в аеробному стабілізаторі.

## Тема 4 Зневоднення осадів

### 1. Підготовка до зневоднення.

### 2. Зневоднення в природних умовах (сушіння на мулових площадках).

### 3. Механічне зневоднення осадів.

#### 1 Підготовка до зневоднення

Для поліпшення вологовіддачі осадів необхідно змінити структуру їх твердої фази шляхом коагуляції хімічними реагентами, або введенням присадних матеріалів, заморожуванням з подальшим розморожуванням, тепловою обробкою.

Проведення зазначених операцій, що отримало найменування кондиціювання осадів, викликає укрупнення частинок осадів і дисперсійного середовища, що послаблює силу зчеплення води з твердими частинками. Зміна структури осадів призводить до кількісного перерозподілу форм зв'язку вологи із збільшенням вмісту вільної води за рахунок зменшення загальної кількості зв'язаної вологи, що дозволяє досягти більш глибокого і швидкого їх зневоднення.

Зменшення питомого опору осадів фільтрації під час їх *промивання* досягають за рахунок видалення з них колоїдних і дрібнодисперсних частинок, а також зменшення лужності осадів.

Промивання – найбільш ефективне для анаеробно зброджених осадів. Не здійснюють промивання осадів сирих, аеробно стабілізованих або анаеробно зброджених в двоярусних відстійниках або прояснювачах-перегнивачах.

Промивання осадів здійснюють біологічно очищеною стічною водою. Кількість промивної води слід приймати,  $\text{м}^3/\text{м}^3$ :

– для збродженого сирого осаду – 1,0–1,5;

– для збродженої в мезофільних умовах суміші сирого осаду і надлишкового активного мулу – 2–3;

– теж ж, в термофільних умовах – 3–4.

Промивання осаду здійснюють в двох або більше спеціальних резервуарах протягом 15–20 хв. при безперервному перемішуванні. Промивні резервуари повинні мати пристрої для видалення спливаючих домішок і випорожнення. Під час перемішування повітрям його витрата визначається з розрахунку  $0,5 \text{ м}^3$  на  $1 \text{ м}^3$  суміші.

Ущільнення суміші промитого осаду і відділення мулової води здійснюють у не менш ніж в двох радіальних (іноді – горизонтальних) мулоущільнювачах. Тривалість перебування суміші осаду і промивної води в робочій зоні мулоущільнювача приймають 12–18 і 20–24 год відповідно для мезофільного і термофільного режимів зброджування; обсяг мулової частини мулоущільнювачів розраховують на зберігання там осаду вологістю 94–96 % протягом 2 діб.

В даний час широко застосовують простіше в експлуатації і високоєфективне *хімічне кондиціювання* поліелектролітами (флокуляція) і зрідка – неорганічними електролітами (коагуляція).

Оскільки осади містять негативно заряджені колоїди, то для їх коагуляції застосовують катіонні носії заряду: солі алюмінію і заліза, а також органічні катіонні полімери.

Під час розчинення у воді солі алюмінію і заліза утворюють продукти гідролізу і призводять до зниження рН осаду до 4–5, тому в осад необхідно ввести вапно (для підвищення рН понад 10) для збільшення ефективності коагуляції. Крім того, введення вапна в осад запобігає поширенню їх запаху. Синтетичні флокулянти отримали набагато більш широке застосування, ніж природні, з огляду на кращі їх флокуляційні властивості та більш економічне виробництво. Застосовують в основному катіонні синтетичні органічні поліелектроліти. Дозу флокулянту слід приймати на підставі даних процесу зневоднення в лабораторних умовах з урахуванням технічних вимог, що встановлюють виробники обладнання. Для орієнтовних розрахунків доза високомолекулярних флокулянтів катіонного типу може бути прийнята в межах 2–7 кг/т сухої речовини осаду.

Застосовувані в якості реагентів хлорне і сірчанокисле залізо, а також вапно, вводять в осад у вигляді 10 %-вих розчинів, а флокулянти – у вигляді 0,1–0,15 %-вих розчинів. Дози реагентів визначають дослідним шляхом.

Кондиціонування осадів зазвичай проводять перед зневодненням, так як осад після кондиціонування добре віддає воду.

Під час використання органічних флокулянтів необхідно використовувати обладнання, яке враховує непросту специфіку таких препаратів, що вимагають суворого поводження, як в процесі зберігання і розчинення, так і в процесі насосного транспортування. Головною умовою є отримання дозрілого однорідного розчину і подача в точку споживання спеціальними насосами, які за рахунок своєї конструкції не допустять механічного руйнування довголанцюгових молекул середовища.

Економія флокулянту і ефективність центрифугування осадів значною мірою залежать від повноти його розчинення. Для приготування робочого розчину порошкоподібного флокулянта застосовують дві технологічні схеми:

- одностадійна – приготування розчину 0,1–0,15 %-вої концентрації;
- двостадійна – приготування розчину 0,5–1,0 %-вої концентрації та наступне її доведення (розбавлення) до робочої концентрації 0,1–0,15 %.

Ефективність процесу флокуляції багато в чому залежить від правильного вибору місця введення робочого розчину флокулянту і тривалості контакту його з осадом для досягнення повної флокуляції колоїдних частинок.

До *безреагентних методів* кондиціонування осаду відносять теплову обробку і заморожування з подальшим розморожуванням. Теплова обробка полягає в нагріванні осадів до температури 170–220 °С і витримці їх при цій температурі в закритих ємностях – автоклавах, реакторах – протягом 30–120 хв.

Осад після теплової обробки швидко ущільнюється до вологості 92–94 %, тобто його обсяг скорочується в 2–4 рази, причому зневоднюють осад без обробки їх хімічними реагентами.

Осад після заморожування і відтавання зневоднюється механічним шляхом теж без застосування додаткових реагентів.

## ***2 Зневоднення в природних умовах (сушіння на мулових площадках)***

Осади нових очисних станцій рекомендується зневоднювати з використанням механічного обладнання, а мулові площадки можуть проєктуватися як резервні споруди або для досушування (складування) кеку перед його подальшою утилізацією.

Сушка осаду може здійснюватися на мулових площадках з природною основою, які допускається проєктувати на природній основі з дренажем і без дренажу, на штучній асфальтобетонній основі з дренажем, каскадними з відстоюванням і поверхневим видаленням мулової води, площадки-ущільнювачі.

Навантаження осаду на мулові площадки, м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup> за рік, в районах із середньорічною температурою повітря 3–6 °С і середньорічною кількістю атмосферних опадів до 500 мм слід приймати відповідно до *додатка П*.

На мулових площадках слід передбачати дороги зі з'їздами на карти для автотранспорту і засобів механізації з метою забезпечення механізованого прибирання, навантаження та транспортування підсушеного осаду.

Для прибирання та вивезення підсушеного осаду слід передбачати механізми, використовувані на земляних роботах.

Мулові площадки на природній основі допускається проектувати за умови залягання ґрунтових вод на глибині не менше 1,5 м від поверхні карт і тільки в тих випадках, коли можлива фільтрація мулових вод в ґрунт.

За меншої глибини залягання ґрунтових вод слід передбачати зниження їх рівня або застосовувати мулові площадки на штучній асфальтобетонній основі з дренажем.

Під час проектування мулових площадок варто приймати:

- робочу глибину карт – 0,7–1,0 м;
- висоту огорожувальних валів – на 0,3 м вище робочого рівня;
- ширину валів по верху – не менше 0,7 м, при використанні механізмів для ремонту земляних валів – 1,8–2,0 м;
- ухил дна розвідних труб або лотків – з розрахунку, але не менше 0,01;
- кількість карт – не менше чотирьох.

Під час проектування мулових площадок на природній основі розміри карт і число випусків осаду на карту визначають виходячи з вологості осаду, дальності його розливу і способу збирання після підсихання. Дальність розливу осаду з вологістю близько 97 % може становити 75–100 м. При цьому доцільно будувати мулові майданчики розмірами 100 м × 100 м. Дальність розливу осаду з вологістю 93–95 % може складати 20–25 м, в цьому випадку ширина карт буде обмежена 40–50 м при двосторонньому напуску. Вузькі площадки кращі при плануванні на території, що має добре виражений ухил. Для осадів з питомим опором нижче  $1000 \cdot 10^{10}$  см/г допускається застосування мулових площадок з дренажем, при цьому навантаження приймають від 2 до 3 м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·рік).

Мулові площадки слід перевіряти на зимове наморожування, для якого допускається використання 80 % з площі (інші 20 % площі призначають для використання під час весняного танення намороженого осаду). Тривалість періоду наморожування має дорівнювати кількості днів із середньодобовою температурою повітря нижче 10 °С.

Кількість намороженого осаду допускається приймати такою, що становить 75 % кількості вихідного осаду, поданого на мулові площадки за період наморожування. Висоту намороженого шару слід приймати на 0,1 м менше висоти огорожувального валу. Дно розвідних труб або лотків – вище горизонту наморожування.

Штучну дренажну основу мулових площадок необхідно влаштовувати з двох шарів асфальту  $\delta = 0,015 - 0,025$  по щебенево-піщаній підготовці товщиною 0,1 м.

Під час проектування мулових площадок з відстоюванням і поверхневим відведенням мулової води слід приймати:

- кількість каскадів – 4–7;
- кількість карт в кожному каскаді – 4–8;
- корисну площу однієї карти від 0,25 до 2 га;
- ширину карт 30–100 м (при ухилах місцевості 0,004–0,08), 50–100 м (при

- нахилах місцевості 0,01–0,04), 60–100 м (при ухилах місцевості 0,01 та менше);
- довжину карт при ухилах місцевості вище 0,04 – 80–100 м, при ухилах місцевості 0,01 та менше – 100–250 м;
- відношення ширини до довжини 1:2 – 1:2,5;
- висоту огорожувальних валів і насипів для доріг – до 2,5 м;
- робочу глибину карт – на 0,3 м менше висоти огорожувальних валів;
- напуски осаду: за умови 4 карт у каскаді – на 2 перші карти, за умови 7–8 карт – на 3–4 перші карти;
- перепуски мулової води – 30–50 % кількості зневоднюваного осаду.

Мулові площадки-ущільнювачі влаштовують робочої глибиною до 2 м у вигляді прямокутних карт-резервуарів з водонепроникними днищами і стінами. Для випуску мулової води, що виділяється під час відстоювання осаду, уздовж поздовжніх стін передбачають отвори, що перекривають шиберами.

Подачу мулової води з мулових площадок здійснюють на очисні споруди, при цьому споруди розраховують з урахуванням додаткових забруднюючих речовин і кількості мулової води. Додаткові кількості забруднюючих речовин від мулової води приймають: при сушінні скинутих осадів – за завислими речовинами – 1 000–2 000 мг/л, за БСК<sub>повн</sub> – 1 000–2 000 мг/л (більші значення для площадок-ущільнювачів, менші – для інших типів мулових площадок); мулова вода з ущільнювачів аеробно-стабілізованого осаду має спрямовуватися в аеротенки; її забруднення слід приймати: БСК<sub>повн</sub> – 200 мг/л, за завислими речовинами – до 100 мг/л; вологість ущільненого осаду 96,5–98,5 %.

Корисна площа мулових площадок становить

$$F = \frac{V_{\text{заг}} \cdot 365}{h \cdot K}, \text{ м}^3, \quad (2.64)$$

де  $h$  – навантаження на мулові площадки,  $\text{м}^3/\text{м}^2$  за рік; приймають за *додатком П* для збродженої суміші осадів первинних відстійників і активного мулу в термофільних умовах при середньорічній температурі повітря 3–6 °С і середньорічній кількості атмосферних осадів до 500 мм;  $h = 1 \text{ м}^3/\text{м}^2$ ;

$K$  – кліматичний коефіцієнт, який приймають за *додатком М*.

Додаткова площа мулових площадок, яку займають вали, дороги, рови

$$F_{\text{дод}} = K_1 \cdot F, \text{ м}^2, \quad (2.65)$$

де  $K_1$  – коефіцієнт, що враховує 30 % площі на влаштування доріг і валів.

Тоді загальна площа мулових площадок

$$F_{\text{заг}} = F + F_{\text{дод}}, \text{ м}^3. \quad (2.66)$$

Мулові площадки перевіряють на зимове наморожування за кількістю днів з температурою 10 °С. Під наморожування має відводитися не більше 80 % корисної площі мулових площадок.

Висота шару наморожування залежить від кліматичних умов

$$h_1 = \frac{M \cdot t \cdot K_3}{F \cdot K_2}, \text{ м}, \quad (2.67)$$

де  $t$  – період наморожування (*дод. М*), доба;

$K_2$  – коефіцієнт, що враховує частину площі, що відводиться під зимове наморожування;  $K_2 = 0,8$ ;

$K_3$  – коефіцієнт, що враховує зменшення обсягу осаду внаслідок зимової

фільтрації і випаровування;  $K_3 = 0,75$ .

Дренаж на мулових площадках приймають з перфорованих азбестоцементних труб діаметром 150 мм, які закладають в траншеї шириною 1 м, заповнені щебенем або гравієм розміром 5–15 мм. Відстань між дренажними трубами – 6 м, нахил –  $i = 0,002$ . Мулова вода відводиться в початок очисних споруд.

Обсяг підсушеного осаду (вологість 80 %) за рік становить

$$W_n = M \cdot 365 \cdot \frac{100 - P_{\text{вих}}}{100 - 80}, \text{ м}^3. \quad (2.68)$$

Прибирання підсушеного осаду проводять екскаватором з подальшим вантаженням осаду на самоскиди.

### ***3 Механічне зневоднення осадів***

Зневоднення осадів стічних вод на мулових площадках для очисних споруд середньої і великої продуктивності часто виявляється неможливим через відсутність вільних земельних площ, тому на таких станціях застосовують механічне зневоднення осадів на вакуум-фільтрах, фільтр-пресах, центрифугах або інших апаратах.

Під час фільтрування відбувається процес відділення твердих частинок від рідини за умови різниці тиску над фільтрувальним середовищем і під ним. Фільтруючим середовищем на барабанних вакуум-фільтрах і фільтр-пресах є фільтрувальна тканина і шар осаду, який налипає на тканину в процесі фільтрування. Первісне фільтрування відбувається через тканину, в порах якої тверді частинки осаду затримуються і створюють додатковий фільтрувальний шар. Цей шар у міру фільтрування збільшується і є головним фільтруючим середовищем, а тканина служить лише для підтримки фільтруючого шару.

Під час фільтрування рідина протікає через пористу масу і утворюється шар осаду (кеку). При збільшенні шару кеку зменшується швидкість протікання рідини (фільтрату).

У зоні фільтрування осад фільтрується під дією вакууму (в барабанних вакуум-фільтрах), а на фільтр-пресах – під тиском. Вологість зневодненого осаду (кеку) становить 60–80 %.

Реагенти для кондиціонування осадів вводять безпосередньо перед подачею осаду на механічне зневоднення (перед фільтр-пресами, центрифугами).

*Зневоднення осаду на вакуум-фільтрах* полягає у видаленні води з суцільного шару осаду, розміщеного на тканини під дією вакууму, який створюється з боку тканини. На вакуум-фільтрах можна обробляти практично всі види осадів. Розрізняють вакуум-фільтри звичайні барабанні, барабанні з полотном, що сходять, дискові та стрічкові.

Осад фільтрується під дією вакууму (300–500 мм рт.ст.) через тканину, а фільтрат відводять колектором. Вологість осаду становить 72–87 %. Для поліпшення фільтраційної здатності тканину через 8–24 год. роботи фільтра регенерують – промивають інгібованою кислотою або розчином ПАР.

*Зневоднення осаду на фільтр-пресах* полягає у видаленні води під дією надлишкового тиску, який створюється з боку осаду. Фільтр-преси застосовують

в тих випадках, коли осад після зневоднення направляють на сушку або спалювання, або коли необхідно отримати осади для подальшої утилізації з мінімальною вологістю.

Фільтр-преси розрізняють рамні, камерні, стрічкові, барабанні та гвинтові (шнекові). Порівняно з барабанними вакуум-фільтрами, за інших рівних умов, після зневоднення осаду на фільтр-пресах виходять осади з меншою вологістю – 55–75 %.

Фільтр-преси є апаратами періодичної дії.

Найбільш ефективно зневоднюють на камерних фільтр-пресах осади мінерального походження виробничих стічних вод. Осади міських стічних вод зневоднюються гірше.

*Зневоднення осаду на центрифугах* – це процес поділу неоднорідних систем (емульсій, суспензій) під дією відцентрових сил, що виникають у роторі. Осад, який подається безперервно, під дією відцентрових сил притискається до внутрішньої поверхні суцільного ротора. Тверді частинки, що мають велику щільність, осідають в обсязі суспензії і концентруються на стінках ротора, витісняючи воду в простір, розташований ближче до центру обертання. Це дає можливість розділити осад на фракції: тверду – кек, і рідку – фугат.

Зневодненню методом центрифугування підлягають всі види осаду (з первинних відстійників, надлишкового активного мулу, суміші).

Основними недоліками методу є досить висока вартість флокулянтів, а під час центрифугування без флокулянтів – низька ефективність затримання сухої речовини осаду, тобто фугат, який утворюється, має високі значення БСК, ХСК і вміст завислих речовин, його необхідно направляти на подальшу обробку на споруди біологічного очищення, збільшуючи тим самим навантаження на них.

Продуктивність центрифуг залежить від конкретних умов роботи (якість осадів, склад стічних вод, методи попередньої обробки осаду). Ефективність затримання сухої речовини і вологість осаду приймають за паспортними даними підприємств-виробників.

Розрахунок і вибір устаткування для зневоднення осадів за допомогою центрифугування або під час використання фільтр-пресів виконують у наступній послідовності.

Час роботи цеху приймають 16–20 год, решта часу призначена для технічного обслуговування обладнання.

Залежно від продуктивності цеху та передбачуваного обладнання вибирають кількість робочих одиниць обладнання. Вибір того чи іншого варіанту здійснюють з урахуванням конкретних умов роботи станції після визначення і порівняння для різних варіантів технічних і економічних параметрів роботи.

Кількість резервного обладнання приймають згідно п. 10.7.10 [1]:

– фільтр-пресів при кількості робочих одиниць до трьох – 1, від чотирьох і більше – 2;

– центрифуг при кількості робочих одиниць до двох – 1, трьох і більше – 2.

Розрахункова кількість осаду, який переробляється апаратами

$$Q_{oc} = N_1 \cdot Q_1 + N_2 \cdot Q_2 + \dots, \text{ м}^3/\text{добу}, \quad (2.69)$$



де  $N_1, N_2$  – кількість робочих апаратів з продуктивністю відповідно  $Q_1, Q_2$ .  
Кількість сухої речовини осаду можна визначити за формулою

$$Q_{\text{сух.р}} = \frac{Q_{\text{ос}} \cdot (100 - P_{\text{ос}})}{100}, \text{ т/добу.} \quad (2.70)$$

Кількість кеку, отриманого в результаті центрифугування,  $\text{м}^3/\text{добу}$ , визначають за формулою:

$$Q_{\text{кеку}} = \frac{Q_{\text{ос}} \cdot (100 - P_{\text{к}})}{100 - P_{\text{к}}}, \text{ м}^3/\text{добу}, \quad (2.71)$$

де  $P_{\text{к}}$  – вологість кеку, який вивантажується з центрифуг, %; приймають за паспортними характеристиками апаратів або за результатами експериментальних даних.

Дозу флокулянту  $D_{\text{фл}}$  визначають в лабораторних умовах дослідним шляхом залежно від питомого опору осаду. Необхідна кількість флокулянту складе

$$Q_{\text{фл}}^{\text{доб}} = D_{\text{фл}} \cdot Q_{\text{сух.р}}, \text{ кг/добу.} \quad (2.72)$$

При роботі цеху протягом  $t$  годин на добу витрата флокулянта на годину становить

$$Q_{\text{фл}}^{\text{год}} = \frac{Q_{\text{фл}}^{\text{доб}}}{t}, \text{ кг/год.} \quad (2.73)$$

Необхідна кількість флокулянта за рік складе:

$$Q_{\text{фл}}^{\text{рік}} = Q_{\text{фл}}^{\text{доб}} \cdot 365, \text{ кг/рік.} \quad (2.74)$$

Кількість «материнського» розчину 1 %-вої концентрації складе:

$$Q_{1\%} = \frac{Q_{\text{фл}}^{\text{доб}} \cdot 100}{1000 \cdot 1}, \text{ м}^3/\text{добу.} \quad (2.75)$$

Кількість робочого розчину 0,15 %-вої концентрації складе:

$$Q_{0,15\%} = \frac{Q_{1\%} \cdot 1}{0,15}, \text{ м}^3/\text{добу.} \quad (2.76)$$

Кількість робочого 0,15 %-вого розчину флокулянта на  $1 \text{ м}^3$  осаду складе:

$$q_{0,15\%} = \frac{Q_{0,15\%}}{Q_{\text{ос}}} \cdot 1000, \text{ л/м}^3 \cdot \text{добу.} \quad (2.77)$$

## Тема 5 Технологічні схеми обробки осадів стічних вод

Вибір методу й технологічної схеми обробки осадів має здійснюватися на підставі техніко-економічних обґрунтувань із врахуванням конкретних місцевих умов, властивостей осадів, забезпеченості реагентами, паливом і технологічним транспортом, можливості й ефективності утилізації переробленого осаду й т.п.

Основні фізико-хімічні показники, на підставі яких здійснюють вибір технологічної схеми, підбір устаткування й визначення параметрів і режиму роботи:

- водовіддача осаду (питомий опір, індекс центрифугування);
- стисненість під час зневоднення;
- хімічний склад;

– теплофізичні характеристики й характеристики за пожежо- і вибухонебезпечністю.

Вивчення властивостей конкретних осадів здійснюють з врахуванням співвідношення в суміші осаду первинних відстійників й активного мулу й зміни властивостей осадів під час їхньої підготовки до зневоднення, термічного сушіння й спалювання.

Капітальні й експлуатаційні витрати залежать від місцевих умов і таких показників, як тариф на електроенергію, паливо, реагенти, кількість і доза реагентів, ступінь зневоднювання осаду та ін.

Розмаїтість складу стічних вод, особливо стічних вод промислових підприємств, визначає необхідність індивідуального підходу до питань обробки й утилізації осадів. Однак для більшості об'єктів, зокрема для локальних очисних споруд окремих підприємств, доцільним є застосування комплексних установок обробки осадів у блоковому виконанні й типових проектів для їхньої прив'язки.

Істотне скорочення паливно-енергетичних витрат на знешкодження осадів досягається біотермічною обробкою осадів з наповнювачами, а також спільною їхньою обробкою із твердими побутовими відходами: спільною біотермічною обробкою твердих побутових відходів і механічно зневоднених осадів стічних вод; спалюванням твердих побутових відходів з використанням теплоти для термічного сушіння й знешкодження осадів стічних вод.

Попередньо зневоднені осадки можуть розглядатися як один з видів твердих побутових відходів. Їхня спільна обробка із твердими побутовими відходами інших видів на спеціалізованих міських комунальних підприємствах, зблокованих з очисними станціями, дозволить сконцентрувати обробку всіх специфічних міських забруднень в одному промисловому районі, використати надлишкову скидку теплоту сміттєспалювальних заводів для обробки осадів, одержувати оброблені відходи одного виду замість двох, що полегшить їхню утилізацію.

Спільна переробка зазначених компонентів має істотні переваги перед роздільною: поряд зі скороченням паливно-енергетичних витрат скорочуються капітальні й експлуатаційні витрати, необхідні площі й кількість персоналу для обслуговування, одночасно поліпшується якість компосту й охорона навколишнього середовища.

Частина енергії, необхідної для обробки осадів, може покриватися за рахунок одержання її безпосередньо з осадів. Основним джерелом одержання енергії з осадів стічних вод є органічні речовини, що втримуються в них. У цей час в нашій країні та за кордоном в основному застосовують й удосконалюють наступні напрямки обробки осадів з використанням органічних речовин:

– одержання газів бродіння (метану) з метою використання їх для технологічних потреб станцій аерації;

– одержання теплоти під час спалювання осадів для використання її в процесах обробки осадів;

– проведення процесу біотермічного розкладання з метою знешкодження осадів й одержання компосту для добрива;

– утилізація осадів в якості добрив.

Названі процеси можуть застосовуватися як самостійно, так й у сполученні один з одним. Однак, в будь-якому випадку відзначається споживання органічних речовин осадів. Тому вибір методу використання органічних речовин осадів має ґрунтуватися на техніко-економічних показниках, що враховують, крім капітальних й експлуатаційних витрат, склад і властивості осадів, можливість і умови їхньої утилізації з одержанням максимальної кількості енергії.

Під час спалювання органічної речовини осадів, можна одержати значну кількість теплоти. Однак більша частина її витрачається на випаровування вологи, підігрівання повітря й тепловтрати, тому під час спалювання можна покрити лише частину теплоти, необхідної для термічного сушіння осадів (під час спалювання сирих осадів – до 70 %, зброджених до – 30 % загальної потреби). Таким чином спалюванню доцільно піддавати сирі незброжені осади, а теплоту, одержувану під час зброджування осадів у метатенках, раціонально використовувати на технологічні потреби станцій аерації, зокрема, за мезофільного зброджування для покриття частини споживаного газу під час термічного сушіння механічно зневоднених осадів стічних вод.

У процесі компостування осадів протікає біотермічний процес, що супроводжується споживанням органічних речовин і підвищенням температури до 50–72 °С, що призводить до знешкодження й скорочення маси осадів. Кількість органічних речовин при цьому скорочується в середньому на 25 %.

За умови видалення вологи з осаду можна одержувати готовий компост вологістю 45–50 %, а за рахунок зниження вологості й розпаду органічних речовин можна в 2 рази зменшити його об'єм, внаслідок чого скорочуються транспортні витрати на перевезення. Компостуванню доцільно піддавати зневоднені сирі осади, тому що вони містять більшу кількість органічних речовин, ніж анаеробно зброжені або аеробно стабілізовані.

Утилізація осадів стічних вод і компосту в якості добрив дозволяє використати органічні речовини для росту рослин і структуроутворення ґрунтів.

## **Тема 6 Утилізація осадів стічних вод та біогазу**

### **1. Вибір методів утилізації осадів стічних вод.**

### **2. Розрахування кількості утворюваного біогазу та обладнання для його утримання та використання.**

#### ***1 Вибір методів утилізації осадів стічних вод***

Осади стічних вод є цінним матеріальним і енергетичним ресурсом. Поєднання утилізації осушеного залишку осаду стічних вод з агропромисловими потребами, а саме використання мулу замість ґрунтового компосту, займає перше місце за рівнем розповсюдження (рис. 2.1). Але поширеність цього способу утилізації стримується через важкі метали, органічні забруднювачі та інші шкідливі речовини, які можуть міститися у складі мулистих відходів.



Рисунок 2.1 – Основні напрями утилізації осадів стічних вод

Зола від спалювання осадів стічних вод переважно складається з дрібнодисперсного мінерального пилу, двоокису кремнію, оксидів фосфору, алюмінію, заліза та інших металів.

Способами утилізації осадів стічних вод є виробництво різних будівельних матеріалів на основі золи й шлаку від спалювання, отримання теплової енергії під час спалювання висушених осадів (окремо або спільно з твердими побутовими відходами), використання осадів у складі сорбентів, вживаних для очищення газів, рекультивация ґрунтів, кар'єрів і закритих звалищ шляхом засипки висушеними осадами і тому подібне.

В ідеальній перспективі можна розглядати реалізацію схеми інтегрованої обробки осадів стічних вод спільно з іншими органічними відходами (рис. 2.2). Ця схема забезпечує знешкодження осадів стічних вод, твердих побутових відходів, рослинних та харчових відходів за умови їх максимальної переробки з отриманням електричної енергії, альтернативного палива, мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище.

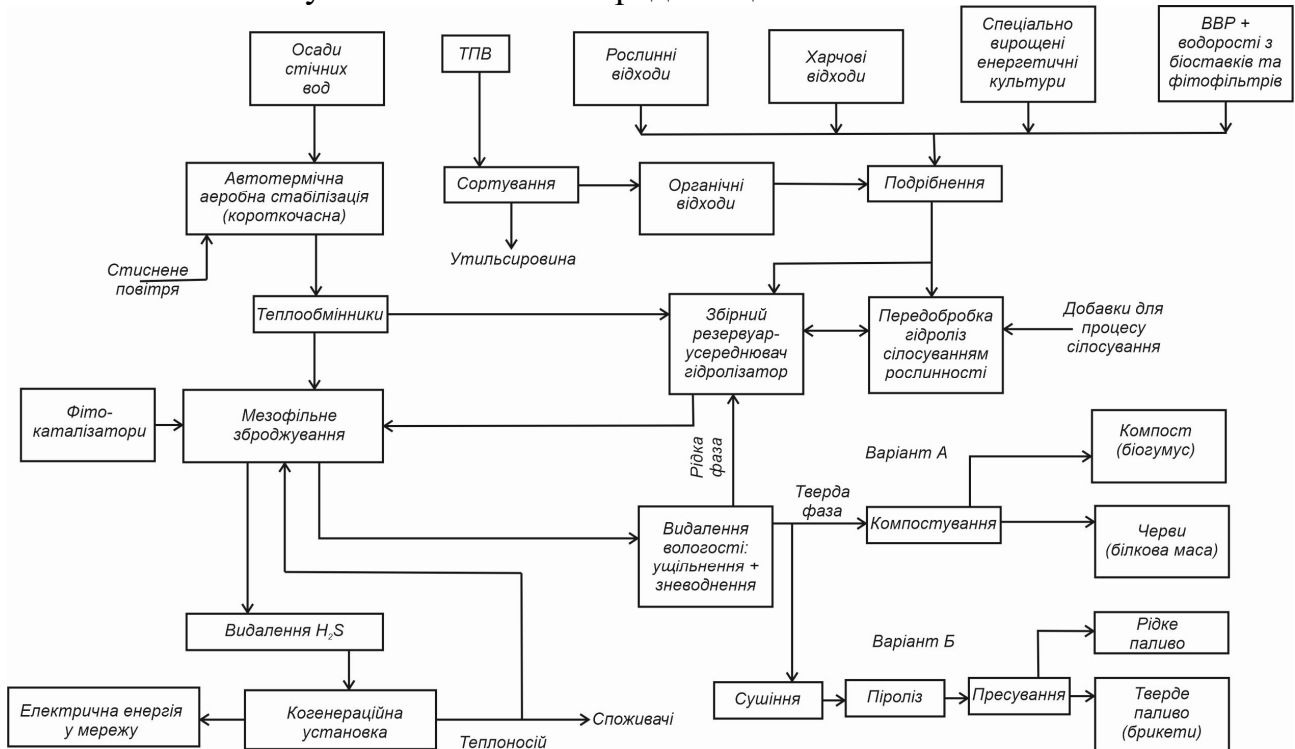


Рисунок 2.2 – Принципова схема інтегрованої обробки осадів стічних вод спільно з іншими органічними відходами

## 2 Розрахунки кількості утворюваного біогазу та обладнання для його утримання та використання

Для прийому газу з метантенків використовують газгольдери. Відстань від газгольдера до котельні та інших приміщень має бути не менше 30 м і не менше висоти димової труби, до внутрішньомайданчикових доріг – не менше 20 м, відстань між газгольдерами – не менше  $\frac{1}{2}$  суми їх діаметрів.

Вагову кількість газу, одержуваного під час зброджування, слід приймати 1 г на 1 г беззольної речовини, яка розпалася, завантаженого осаду. Питома вага газу  $\rho_{\Gamma} = 1 \text{ кг/м}^3$ , теплотворна здатність –  $5 \text{ 000 ккал/м}^3$ .

Питомий вихід газу

$$\Gamma_{\text{пит}} = \frac{R_r}{100 \cdot \rho_z}, \text{ м}^3/\text{кг}. \quad (2.78)$$

Сумарний вихід газу

$$\Gamma = \frac{R_r \cdot B_{\text{без}} \cdot 1000}{100}, \text{ м}^3/\text{добу}. \quad (2.79)$$

Знімання газу з одного метантенка на добу

$$\Gamma_{\text{mt}} = \frac{\Gamma}{n_{\text{mt}}}, \text{ м}^3/\text{добу}. \quad (2.80)$$

Застосовують типові газгольдери, основні дані яких наведені в додатку Л.

Місткість газгольдерів розраховують на 2–4-годинний вихід газу ( $t_z$ ); тиск газу під ковпаком 1,5–2,5 кПа (150–250 мм вод. ст.).

Місткість газгольдерів становить

$$V_z = \frac{\Gamma \cdot t_z}{24}, \text{ м}^3. \quad (2.81)$$

Газ, одержуваний в метантенках в результаті процесу зброджування осаду, використовують на енергетичні потреби каналізаційних станцій:

1) безпосередньо в якості пального в котлах з газовими пальниками, для обігріву метантенків і опалення будівель очисних станцій і селищ при них. Цей спосіб використання газів є найпоширенішим;

2) в газових двигунах, що приводять у рух генератор, насоси і повітрорудки.

Доцільно використовувати біогаз для створення необхідних умов зброджування в метантенках.

Витрату тепла на обігрів свіжого осаду в метантенках визначають за формулою

$$G_{\text{об}} = (1 + K) \cdot V_{\text{заг}} \cdot C_T \cdot (t_{\text{зб}} - t_{\text{вк}}) \cdot 1000, \text{ ккал/добу}, \quad (2.82)$$

де  $K$  – коефіцієнт, що враховує втрати тепла через стінки, днище та перекриття метантенків; за ємності метантенка більш 1100 м<sup>3</sup>  $K = 0,1$ ;

$C_T$  – теплоємність осаду, 4,19 кДж/(кг·К);

$t_{\text{зб}}$  – температура в метантенку, яка залежить від обраного режиму зброджування, °С;

$t_{\text{вк}}$  – температура осаду, який надходить, °С.

Приймається охолодження осаду за добу на 1 °С. Компенсація тепловтрат всього обсягу становить (за вирахуванням додавання свіжого осаду)

$$G_{\text{ох}} = (V_{\text{mt}}^{\text{факт}} - V_{\text{заг}}) \cdot 1000 \cdot 1, \text{ ккал/добу}. \quad (2.83)$$

Тоді загальна необхідна кількість тепла становить

$$G_T = G_{\text{об}} + G_{\text{ох}}, \text{ ккал/добу}. \quad (2.84)$$

Необхідну розрахункову теплову потужність котельної установки з урахуванням ККД визначають за формулою

$$G_{\text{розр}} = \frac{G_T}{\eta}, \text{ ккал/добу}, \quad (2.85)$$

де  $\eta$  – ККД котельної установки, приймають рівним 0,7–0,8.

Необхідна розрахункова кількість пари за умови тепловіддачі 1 кг пара 550 ккал складе

$$G_n = \frac{G_{\text{розр}}}{550}, \text{ т/добу}. \quad (2.86)$$

Кількість тепла, що виділяється під час спалювання біогазу, за умови теплопровідної здатності газу  $5000 \text{ ккал/м}^3$  складе

$$G'_T = G \cdot 5000, \text{ ккал/добу.} \quad (2.87)$$

Під час порівняння значень  $G_{\text{розр}}$  та  $G'_T$  можна зробити висновок про можливість в даному випадку компенсації витрат на підтримання необхідних умов збродження в метантенках за рахунок отримання тепла під час спалювання біогазу, що утворюється під час збродження осаду.

## **Тема 7 Обробка осадів очисних водопровідних станцій**

### **1. Особливості безстічних схем водопровідних очисних споруд.**

**2. Визначення кількості осадів, що утворюються на очисній станції водопостачання.**

**3. Визначення обсягів споруд для роботи станції водопідготовки за безстічною схемою.**

### *1 Особливості безстічних схем водопровідних очисних споруд*

Технологічними схемами роботи очисних споруд водопровідних станцій передбачені витрати води на власні потреби в кількості від 10 до 14 % добової продуктивності станції. Ця кількість у вигляді промивних вод фільтрів або контактних прояснювачів (до 90 % води, використовуваної на власні потреби станцій), а також осади, які утворюються після очищення води, скидаються у водойми, що завдає відчутної шкоди навколишньому середовищу. Крім того, цінні компоненти, що викидаються з осадом, могли б використовуватися в народному господарстві, так як вони містять велику кількість органіки і елементів мінерального походження.

З метою зниження витрат води на власні потреби і шкідливого впливу на навколишнє середовище застосовують безстічну схему водопровідних очисних споруд, за якою обсяг стоків або «хвостів», що скидають з основної технологічної схеми, зведений до нуля, або до таких величин, облік яких не проводять.

За цією схемою промивні води фільтрів через пісковловлювачі, резервуари-накопичувачі повертають в голову очисних споруд, а осад ущільнюють, обробляють флокулянтном і зневоднюють на фільтр-пресах. Фільтрат, який утворився в результаті зневоднення осадів, направляють в резервуар-накопичувач і спільно з промивними водами фільтрів подають також в голову очисних споруд. Зневоднений осад (кек) передбачається використовувати в якості компонента сировинної суміші для виробництва червоної цегли замість глини або в якості добрив в лісових розсадниках і лісопосадках з метою підвищення родючості ґрунту. Таким чином, скидання у водойми не проводиться, що сприяє охороні навколишнього середовища.

Так як для різних вододжерел властивості осадів змінюються в дуже широких межах і залежать від мінерального складу і основних фізико-хімічних властивостей води, що надходить на очищення, для кожних очисних споруд питання обробки та використання осадів вирішується окремо.

## 2 Визначення кількості осадів, що утворюються на очисній станції водопостачання

На очисних станціях водопідготовки основним видом осаду, при обробці якого виникають труднощі, є гідроксидний осад, який утворюється під час реагентного очищення води. Кількість інших осадів (промивні води фільтрів і контактних прояснювачів, розчинних баків реагентів) є відносно малою.

Велика кількість осаду утворюється також під час знезалізнення води, яке найчастіше реалізується окисненням двовалентного заліза в тривалентне, яке виділяється при нормальних умовах у вигляді осаду. При цьому спочатку окиснюють  $\text{Fe}^{2+}$  за допомогою окисника, а потім воду фільтрують для затримання осаду  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ .

Обсяг осаду, що утворюється у відстійниках, може бути визначений за формулою

$$V_{\text{відст}} = \frac{(C_{\text{вх}} - C_{\text{вих}}) \cdot Q_{\text{повн}}}{C_{\text{ос}}}, \text{ м}^3/\text{добу}, \quad (2.88)$$

де  $C_{\text{ос}}$  – концентрація осаду у відстійниках станцій водопідготовки,  $\text{г}/\text{м}^3$ ; може бути визначена згідно з [2, таблиця 19] (дод. Т);

$C_{\text{вих}}$  – концентрація завислих речовин на виході з відстійника ( $8\text{--}12 \text{ г}/\text{м}^3$ );

$C_{\text{вх}}$  – концентрація завислих речовин на вході до відстійнику,  $\text{г}/\text{м}^3$ ; може бути визначена за [2, ф-ла (Д.3)]:

$$C_{\text{вх}} = C_{\text{вих}} + K \cdot D_{\text{к}} + 0,25 \cdot 3 + B_{\text{е}}, \text{ г}/\text{м}^3, \quad (2.89)$$

де  $K$  – коефіцієнт, який приймають для очищеного сульфату алюмінію –  $0,5$ , для хлорного заліза –  $0,7$ ;

$B_{\text{е}}$  – вміст нерозчинних речовин, що вводяться разом з вапном,  $\text{г}/\text{м}^3$ , може бути визначений за [2, ф-ла (11)]

$$B_{\text{е}} = \frac{D_{\text{в}}}{K_{\text{в}}} - D_{\text{в}}, \text{ г}/\text{м}^3, \quad (2.90)$$

де  $K_{\text{в}}$  – дольовий вміст  $\text{CaO}$  у вапні ( $0,4$ ).

Добовий обсяг промивної води фільтрів визначають з виразу

$$Q_{\text{пр}} = i \cdot t \cdot F \cdot n, \text{ м}^3, \quad (2.91)$$

де  $i$  – інтенсивність промивки,  $\text{л}/\text{с} \cdot \text{м}^2$ ;

$t$  – тривалість промивки, год.;

$n$  – кількість промивок на добу;

$F$  – площа фільтрів,  $\text{м}^2$ .

Середня концентрація забруднень у промивній воді фільтрів становить

$$C_{\text{пр}} = \frac{(C_{\text{вх}}^{\phi} - C_{\text{вих}}^{\phi}) \cdot Q_{\text{повн}}}{Q_{\text{пр}}}, \text{ г}/\text{м}^3, \quad (2.92)$$

де  $C_{\text{вх}}^{\phi}$  – концентрація завислих речовин у воді на вході у фільтр після відстійника,  $\text{г}/\text{м}^3$ ;

$C_{\text{вих}}^{\phi}$  – концентрація завислих речовин у фільтрованій воді ( $0,5 \text{ г}/\text{м}^3$ ).

Для визначення обсягу осадку  $V_{\text{рез}}$ , що виділяється під час відстоювання промивної води фільтрів в резервуарі-усереднювачі, можна використовувати формулу (2.88).



### 3 Визначення обсягів споруд для роботи станції водопідготовки за безстічною схемою

Основні споруди для прийому і обробки промивних вод і осадів є (рис. 2.3):  
– резервуар-усереднювач промивної води, з якого вода рівномірно протягом доби перекачується в головний вузол водоочисних споруд (перед змішувачем);

- згущувач осаду;
- ємності для розчинів реагентів;
- насоси перекачування.

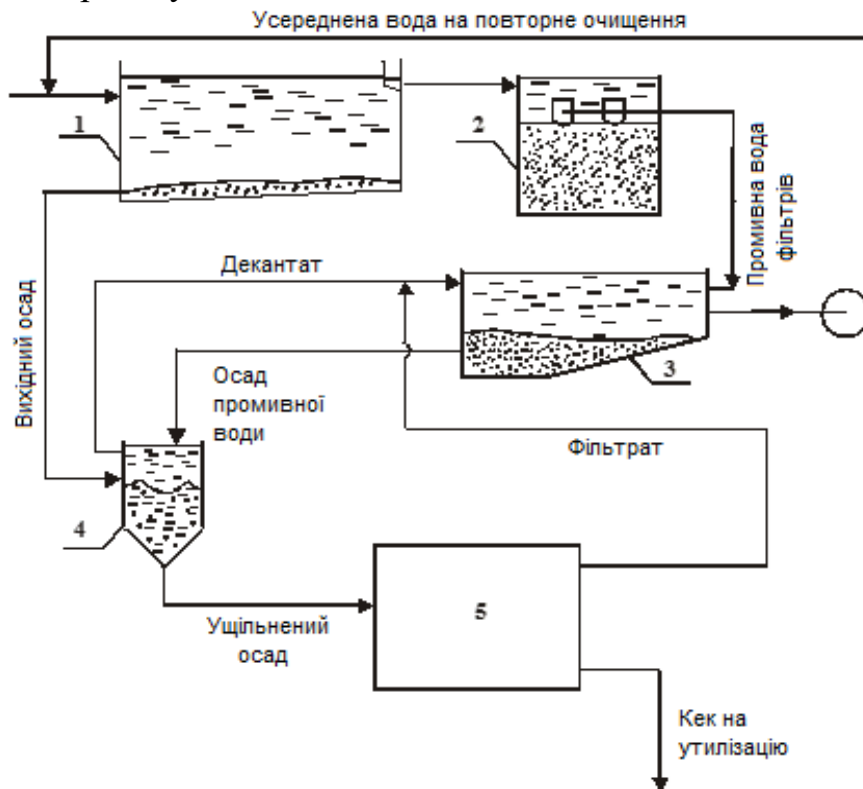


Рисунок 2.3 – Принципова схема обробки осадів станції водопідготовки:  
1 – відстійник; 2 – фільтр; 3 – резервуар-усереднювач;  
4 – осадозгущувач; 5 – цех мехневоднення

Для вилучення піску з промивної води перед резервуаром-усереднювачем може бути встановлений горизонтальний пісковловлювач. В такому випадку відстоювання води в резервуарі-усереднювачі не передбачено. Пісок з осадової частини пісковловлювача періодично видаляється в міру його накопичення і передається в ущільнювач або на піскові площадки.

Розрахунок резервуара-усереднювача промивної води при роботі станції за безстічною схемою дещо відрізняється від традиційного, так як необхідно враховувати кількість надосадової рідини (декантату) і фільтрату від мехневоднення осаду. Обсяг резервуара-усереднювача має забезпечувати прийом кількості води від одночасного промивання декількох фільтрів, а також надосадової рідини з мулоущільнювачів і фільтрату від мехневоднення.

Таким чином, ємність резервуара-усереднювача

$$V_p = V_{\text{пр}} + V_n + V_{\phi}, \text{ м}^3, \quad (2.93)$$

де  $V_{\text{пр}}$  – залишковий обсяг промивної води фільтрів (невідкачаний) в резервуарі-усереднювачі,  $\text{м}^3$ ;

$V_n$  – обсяг утвореної надосадової рідини (декантату),  $\text{м}^3$ ;

$V_{\phi}$  – обсяг фільтрату після мехзневоднення,  $\text{м}^3$ .

Визначення залишкового обсягу промивної води фільтрів (не відкачанного) в резервуарі-усереднювачі  $V_{\text{пр}}$  проводять за різницею подачі промивної води (відповідно до прийнятого режиму промивання фільтрів на очисній станції) і відкачування промивної води з резервуара-усереднювача встановленими насосами (зазвичай, рівномірно протягом доби).

Обсяг утвореної надосадової рідини (декантату) становить:

$$V_n = V_{\text{вих}} - V_{\text{ущільн}}, \text{ м}^3, \quad (2.94)$$

де  $V_{\text{вих}}$  – обсяг вихідного осаду,  $\text{м}^3$ :

$$V_{\text{вих}} = V_{\text{відст}} + V_{\text{рез}}, \text{ м}^3; \quad (2.95)$$

$V_{\text{ущільн}}$  – обсяг ущільненого осаду з урахуванням добавок для ущільнення,  $\text{м}^3$ :

$$V_{\text{ущільн}} = \frac{V_{\text{вих}} \cdot (100 - W_{\text{вих}})}{(100 - W_{\text{ущільн}})}, \text{ м}^3, \quad (2.96)$$

де  $W_{\text{вих}}$  – вологість вихідного осаду, %; (становить в середньому 99,5–98 % залежно від якісних показників оброблюваної води і прийнятої схеми очищення);

$W_{\text{ущільн}}$  – вологість ущільненого осаду, %; (досягає в середньому 98–90 % залежно від властивостей осаду і прийнятої схеми ущільнення).

Обсяг фільтрату після мехзневоднення може бути визначений за формулою мехзневоднення

$$V_{\phi} = V'_{\text{ущільн}} - V_{\text{зн}}, \text{ м}^3, \quad (2.97)$$

де  $V'_{\text{ущільн}}$  – обсяг ущільненого осаду з урахуванням добавок для зневоднення,  $\text{м}^3$ ;

$V_{\text{зн}}$  – обсяг осаду після мехзневоднення,  $\text{м}^3$ .

Для поліпшення процесу ущільнення в осад можуть вводити різні добавки (вапно, глина) в кількості до 20 % від ваги сухої речовини осаду. В умовах орієнтовних розрахунків приймають ущільнення без внесення добавок.

Далі під час зневоднення осад також може бути оброблений реагентами, які можуть збільшити кількість сухої речовини осаду (наприклад, вапном). В орієнтовних розрахунках можна приймати добавку ПАА, який не чинить такої дії.

Обсяг осаду після мехзневоднення

$$V_{\text{зн}} = \frac{V_{\text{ущільн}} \cdot (100 - W_{\text{ущільн}})}{(100 - W_{\text{зн}})}, \text{ м}^3, \quad (2.98)$$

де  $W_{\text{зн}}$  – вологість зневодненого осаду, %; (вологість, що досягається, залежить від властивостей осаду і прийнятого устаткування; може бути прийнята в середньому 70–85 % для вакуум-фільтрів або 55–75 % для фільтр-пресів).

Розрахунок осадоущільнювача, ємностей для реагентів, підбір насосів і обладнання для мехзневоднення виконується згідно з традиційними методиками.

# 3 КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

## Змістовий модуль 1

### Склад та властивості осадів. Методи обробки осадів стічних вод

#### Тема 1 Види, склад і властивості осаду стічних вод

Забруднення, що знаходилися в стічних водах у відносно розведеному вигляді, під час очищення стічних вод затримують і концентрують, в результаті отримують осади стічних вод.

До первинних осадів відносять грубодисперсні домішки, які знаходяться у твердій фазі та виділені з води такими методами механічного очищення, як проціджування, седиментація, фільтрація, флотація, осадження у відцентровому полі. До вторинних осадів відносять домішки, які спочатку знаходяться в воді у вигляді колоїдів, молекул та іонів, але в процесах біологічного або фізико-хімічного очищення води або обробки первинних осадів утворюють тверду фазу.

Елементарний склад сухої речовини осадів коливається в широких межах. Для обґрунтування технології переробки та утилізації осадів необхідні відомості про різні властивості осадів.

#### *Контрольні питання*

1. Назвіть види осадів стічних вод.
2. Які виділяють класи токсичності осадів стічних вод за ступенем їх небезпеки?
3. Які виділяють класи осадів стічних вод за їх дією на навколишнє середовище?
4. Дайте характеристику якісних властивостей осадів стічних вод.
5. У якому стані знаходиться вода у складі осадів стічних вод?
6. Як хімічний склад осадів впливає на їх водовіддачу?
7. Як вміст вологи впливає на об'єм осадів?
8. Як розрахувати кількість забруднень, що знімають з решіток?
9. Як розрахувати кількість осаду, затриманого в пісковловлювачах?
10. Охарактеризуйте особливості складу та властивостей сирого осаду.
11. Які види осаду виділяють залежно від методів його обробки?
12. Що таке питомий опір осаду фільтрації?
13. Порівняйте осади з точки зору їх вологовіддачі.
14. Які параметри застосовують для описання властивостей осадів?

#### Тема 2 Характеристика методів переробки осадів стічних вод

Основне завдання обробки осадів стічних вод полягає в отриманні кінцевого продукту, властивості якого забезпечували б можливість його утилізації або звели до мінімуму шкоду, нанесену довкіллю, і проводиться з метою зменшення об'ємів осадів та їх знезараження. Технологічні процеси обробки осадів стічних вод можна розділити на наступні основні стадії: ущільнення (згущення) стабілізація органічної частини; кондиціонування; зневоднення; термічна обробка; утилізація цінних продуктів; ліквідація осадів.

Вибір раціональної технологічної схеми обробки осадів є складним

інженерно-економічним та екологічним завданням, правильне рішення якого вимагає обов'язкового врахування продуктивності очисної станції, місцевих умов (кліматичних, гідрогеологічних, містобудівних, агротехнічних, забезпеченість реагентами, паливом, технологічним транспортом та ін.), виконання попередніх експериментальних досліджень здатності осадів до водовіддачі, їх фізико-хімічних, теплофізичних і агрономічних характеристик. Але в будь-якому випадку технологічна схема ґрунтується на комбінації різних методів обробки осадів.

### ***Контрольні питання***

1. Яке основне завдання обробки осадів стічних вод?
2. Назвіть основні стадії обробки осадів стічних вод.
3. Опишіть послідовність технологічних операцій, застосовуваних для обробки осадів стічних вод?
4. Для чого здійснюють ущільнення осадів стічних вод?
5. Назвіть способи ущільнення осадів стічних вод.
6. Яка мета стабілізації осадів стічних вод?
7. Назвіть способи стабілізації осадів стічних вод.
8. Для чого проводять кондиціювання та зневоднення осадів стічних вод?
9. Опишіть принципову технологічну схему утворення та переробки осадів міських стічних вод.

### **Тема 3 Ущільнення і згущення осадів**

Ущільнення – найбільш поширений спосіб зменшення об'єму осаду. В процесі діяльності мікроорганізмів кількість активного мулу безперервно збільшується, при цьому утворюється надлишковий активний мул, який відокремлюють від рециркуляційного (того, що направляють в аеротенки). З огляду на високу вологість надлишкового активного мулу (до 99,2–99,7 %), необхідно здійснювати його ущільнення.

Ущільнення – найбільш простий і дешевий метод зниження вологості та об'єму осадів, що підлягають подальшій обробці. Зазвичай ущільнюють надлишковий активний мул, в окремих випадках – суміш активного мулу і сирого осаду, досить рідко – сирий осад. Ущільнювати можуть також анаеробно зброжені і аеробно стабілізовані осади. Використовують гравітаційні методи, флотаційне і сепараційне згущення осадів.

Оскільки вологість ущільненого осаду різко зменшується, то обсяг споруд під час подальшої його обробки також скорочується.

### ***Контрольні питання***

1. Для чого проводять ущільнення осадів стічних вод?
2. Які осади піддають ущільненню?
3. Охарактеризуйте гравітаційний метод ущільнення осадів?
4. Яку воду видаляють у процесі ущільнення активного мулу?
5. Які чинники впливають на процес ущільнення осадів?
6. Які споруди застосовують для ущільнення осадів стічних вод?
7. Як можна інтенсифікувати роботу мулозгущувачів?
8. Як визначити об'єм ущільненого мулу?

9. Охарактеризуйте флотаційний метод ущільнення осадів.
10. Назвіть переваги флотаційних мулозгущувачів.
11. Опишіть технологічну схему роботи флотаційної установки для ущільнення надлишкового активного мула.
12. Охарактеризуйте відцентрове ущільнення мулових суспензій.

#### **Тема 4 Стабілізація осадів**

Осади стічних вод схильні до процесів гниття, які супроводжуються виділенням смердючих запахів, утворенням колоїдних і дрібнодисперсних частинок, погіршенням вологовіддачі. Тому осади піддають стабілізації – спеціальній обробці, яка змінює їх фізико-хімічні властивості та пригнічує життєдіяльність гнильних бактерій, чим запобігають загниванню осадів.

Стабілізацію органічної речовини осаду здійснюють за допомогою мікроорганізмів в анаеробних і аеробних умовах. Органічні речовини твердої фази осаду переводять в стабільні речовини: двоокис вуглецю, метан і воду.

Анаеробну стабілізацію або зброджування здійснюють в септиках, двоярусних відстійниках або прояснювачах, метантенках.

Аеробну стабілізацію здійснюють в аераційних спорудах типу аеротенків; вона полягає в тривалому аеруванні осаду.

#### ***Контрольні питання***

1. Для чого осади стічних вод піддають стабілізації?
2. В яких умовах та спорудах здійснюють стабілізацію осадів стічних вод?
3. Опишіть процес аеробної стабілізації осадів стічних вод.
4. Які споруди використовують для аеробної стабілізації осадів стічних вод?
5. Які чинники впливають на ефективність процесу аеробної стабілізації?
6. Яка тривалість процесу аеробної стабілізації осадів?
7. Опишіть схеми процесу аеробної стабілізації осадів.
8. Як аеробна стабілізація осадів впливає на вміст у їхньому складі патогенної мікрофлори?
9. Назвіть переваги та недоліки аеробних стабілізаторів.
10. Опишіть процес анаеробної стабілізації осадів стічних вод.
11. Назвіть стадії анаеробного метанового зброджування осадів.
12. Назвіть основні технологічні параметри, що визначають ефективність процесу анаеробного зброджування осадів.
13. Як хімічний склад осаду впливає на процес його зброджування?
14. Які є температурні режими життєдіяльності анаеробних мікроорганізмів?
15. Як визначають добову дозу завантаження осаду в камері зброджування?
16. Яке значення має перемішування вмісту камери зброджування?
17. Охарактеризуйте роботу септиків.
18. Охарактеризуйте роботу двоярусних відстійників.
19. Охарактеризуйте роботу прояснювачів-перегнивачів.
20. Охарактеризуйте роботу метантенків.
21. Які режими зброджування можуть бути в метантенках?
22. Яку форму резервуарів метантенків вважають якнайкращою?
23. Як здійснюють перемішування мулу в метантенках?

24. Назвіть основні вимоги до реакторів зброджування осадів.
25. Опишіть схеми нагрівальних пристроїв вмісту метантенків.
26. Які заходи необхідно забезпечити для стабілізації процесів анаеробного зброджування осадів стічних вод та інтенсифікації роботи метантенків?
27. Як можна реалізувати аеробно-анаеробні та анаеробно-аеробні процеси стабілізації?
28. Опишіть схему аеробно-анаеробної стабілізації осаду.
29. Опишіть схему анаеробно-аеробної стабілізації осаду.

### **Тема 5 Кондиціонування осадів**

Для поліпшення вологовіддачі осадів необхідно провести їх кондиціонування, тобто змінити структуру їх твердої фази перед зневодненням або утилізацією. Зазвичай проводять кондиціонування осадів перед механічним зневодненням, а в окремих випадках – перед природним.

Метод кондиціонування значною мірою визначає продуктивність апаратів для зневоднення осаду, забрудненість мулової води і кінцеву вологість зневодненого осаду.

Кондиціонування осаду може здійснюватися реагентними і безреагентними методами.

Під час реагентного кондиціонування застосовують мінеральні коагулянти і органічні флокулянти. До реагентних відносять також метод зневоднення осаду за допомогою присадних матеріалів (допоміжних речовин). Такий метод кондиціонування викликає укрупнення частинок осадів, послаблює силу зчеплення води з твердими частинками. Зміна структури осадів призводить до кількісного перерозподілу форм зв'язку вологи зі збільшенням вмісту вільної води за рахунок зменшення загальної кількості зв'язаної вологи, що дозволяє досягти більш глибокого і швидкого їх зневоднення.

До безреагентних методів кондиціонування відносять промивання та ущільнення осадів; високотемпературну обробку, заморожування-танення; ультразвукову або магнітну обробку осадів.

#### ***Контрольні питання***

1. Для чого осаді стічних вод піддають кондиціонуванню?
2. Назвіть методи кондиціонування осадів?
3. Які процеси лежать в основі реагентних методів кондиціонування осадів?
4. Чому зменшується питомий опір осадів фільтрації під час їх промивання?
5. Якою водою здійснюють промивання осадів?
6. Для яких осадів застосовують кондиціонування промиванням?
7. Які реагенти застосовують для кондиціонування осадів стічних вод?
8. Як флокулянти впливають на властивості осадів стічних вод?
9. Яке обладнання рекомендовано застосовувати для приготування розчинів флокулянтів?
10. Які технологічні схеми застосовують для приготування робочого розчину порошкоподібного флокулянту?
11. Назвіть безреагентні методи кондиціонування осаду

## **Тема 6 Методи зневоднення осадів**

Суттєве зменшення обсягу осадів стічних вод здійснюють або в природних умовах (на мулових площадках, мулових ставках), або в штучних умовах (на фільтр-пресах, вакуум-фільтрах, центрифугах та ін.) Після зневоднення осадки зменшуються в об'ємі в 7–15 разів, тобто мають вологість 55–80 %.

Найбільш поширеним методом зневоднення осаду є сушіння його на мулових площадках різних конструкцій. Застосовують мулові площадки на природній основі з дренажем і без дренажу, на штучній дренажній основі, на асфальтобетонній основі з дренажем, а також каскадні мулові площадки з відстоюванням і поверхневим видаленням мулової води, мулові площадки з гравійними колодязями, площадки-ущільнювачі, площадки з механічним видаленням осаду або будь-якої іншої конструкції.

Зневоднення осадів стічних вод на мулових площадках для очисних споруд середньої і великої продуктивності часто виявляється неможливим через відсутність вільних земельних площ. Тому на таких станціях застосовують механічне зневоднення осадів на вакуум-фільтрах, фільтр-пресах, центрифугах або інших апаратах.

### ***Контрольні питання***

1. До яких значень знижують вологість осадів стічних вод під час їх зневоднення?
2. Охарактеризуйте природне зневоднення осаду на мулових площадках.
3. Який механізм дії мулових площадок?
4. Від яких факторів залежить площа мулових площадок?
5. Як передбачають відведення мулової води з мулових площадок?
6. Назвіть апарати, вживані для механічного зневоднення осадів стічних вод.
7. Опишіть механізм зневоднення осаду на вакуум-фільтрах.
8. Як працює барабанний вакуум-фільтр?
9. Назвіть переваги барабанних вакуум-фільтрів з полотном, що сходить.
10. Опишіть механізм зневоднення осаду на фільтр-пресах.
11. Опишіть схему вузла вакуум-фільтрування осаду з реагентною підготовкою.
12. Опишіть технологічну схему фільтр-пресування осадів.
13. Опишіть механізм зневоднення осаду на центрифугах.
14. Які види осаду підлягають зневодненню методом центрифугування?
15. Опишіть схему роздільного центрифугування сирого осаду і активного мула.
16. Опишіть комбіновану схему центрифугування осадів стічних вод.
17. Порівняйте методи та апарати для механічного зневоднення осадів.

## **Змістовий модуль 2**

### **Знезараження та утилізація осадів.**

### **Осади водопровідних очисних споруд**

#### **Тема 7 Знезараження осадів**

Осади міських стічних вод містять значну кількість мікроорганізмів (в тому числі й патогенних), вірусів, яєць гельмінтів, сальмонел і тому є небезпечними в санітарному та інфекційному відношенні. У зв'язку з цим осади мають піддаватися знезараженню. Ступінь знезараження осадів контролюють за вмістом в них яєць гельмінтів, патогенних і умовно-патогенних бактерій, сальмонел, ентеробактерій і кишкової палички. За необхідності визначають вміст в осадах збудників різних захворювань.

Під час використання осадів в якості добрива в них не має бути сальмонел і життєздатних яєць гельмінтів, кількість кишкових паличок не має перевищувати  $10^4$ , а ентерококів –  $10^3$  кл/л.

Осади можуть знезаражувати в рідкому вигляді, після підсушування на мулових площадках і після механічного зневоднення.

Для знезараження і знешкодження осадів можуть використовувати термічні (прогрівання, сушіння, спалювання), біотермічні (компостування), хімічні (обробка хімічними речовинами) і біологічні (знищення мікроорганізмами, найпростішими, грибами і рослинами ґрунту) методи, а також різні види фізичного впливу: радіація, струм високої частоти, ультразвук, ультрафіолетове опромінення. У наш час на практиці використовують в основному термічні, біохімічні та хімічні методи знезараження осадів.

#### ***Контрольні питання***

1. Чому треба проводити знезараження осадів стічних вод?
2. Назвіть методи знезараження осадів?
3. Які осади піддають знезараженню?
4. Опишіть знезараження рідких осадів нагріванням.
5. Як здійснюють хімічне знезараження осадів?
6. Як здійснюють дегельмінтизацію осадів?
7. Опишіть схему установки для дегельмінтизації осадів?
8. Охарактеризуйте біотермічну обробку (компостування) осадів стічних вод.

#### **Тема 8 Термічне сушіння осадів стічних вод**

Термічне сушіння призначене для знезараження і зменшення маси осадів стічних вод, попередньо зневоднених на вакуум-фільтрах, центрифугах або фільтр-пресах. Цей прийом спрощує завдання видалення осадів з території очисних станцій та їх подальшої утилізації.

Осад після термічного сушіння не загниває, є вільним від гельмінтів і патогенних мікроорганізмів, є зовні сухим (вологістю 10–50 %) сипучим матеріалом.

Підвищений вміст сухих речовин і суттєве скорочення об'єму осаду під час термічного сушіння супроводжується високим ступенем стабілізації одержуваної маси за рахунок блокування діяльності мікроорганізмів, що



викликають процеси загнивання. Завдяки оптимальному підбору часу перебування осадів у апараті та підтримуваної в ньому температури вдається забезпечити повне розкладання патогенних мікроорганізмів, що дає можливість безперешкодного використання висушеного осаду в сільському господарстві. Висушений осад може бути отриманий в зручній для користувача формі: у вигляді порошку, гранул різних розмірів і форм, окатишів і навіть цегли. При цьому можливість зміни форми висушеного осаду забезпечує різні напрямки його утилізації.

Під час проектування установок термічного сушіння осадів слід особливу увагу звертати на ризики, пов'язані з високою в'язкістю оброблюваного осаду на проміжних стадіях процесу сушіння і появою дрібних органічних часток в теплому повітряному середовищі.

Використовувані апарати розрізняють головним чином за способом передачі тепла – прямий або непрямий нагрів. Застосовують різні способи термічного сушіння: конвективний, радіаційно-конвективний, кондуктивний, сублімація в електромагнітному полі.

### ***Контрольні питання***

1. Для чого проводять термічну обробку осадів стічних вод?
2. Які є способи термічного сушіння осадів?
3. Які застосовують сушарки конвективного типу?
4. Опишіть принцип дії барабанної сушарки.
5. Яка попередня обробка осаду необхідна перед його завантаженням в барабанну сушарку?
6. В чому полягає суть методу сушіння осадів в зустрічних струменях?
7. За яких умов рекомендують застосовувати вакуумні сушарки?
8. Дайте оцінку методів термічного сушіння осадів стічних вод.

### **Тема 9 Ліквідація осадів**

Ліквідацію осадів стічних вод застосовують в тих випадках, коли утилізація є неможливою або економічно недоцільною. Вибір методу ліквідації осадів визначається їх складом, а також розміщенням і плануванням очисної станції або промислового підприємства.

Спалювання – один з найпоширеніших методів ліквідації осадів стічних вод, який є найбільш ефективним засобом, що забезпечує максимальне зменшення обсягу осаду і його знезараження. Спалювання осаду стічних вод дозволяє повністю ліквідувати органічну частину осаду; неорганічна частина, що залишилася після спалювання, має мінімальний обсяг, повністю стерилізується.

До тимчасових заходів з ліквідації осадів відносять скид рідких осадів в накопичувачі та закачування осадів в земляні порожнечі.

Майже у всіх процесах очищення стічних вод (механічному, фізико-хімічному, хімічному) отримують тверді мінералізовані осади – шлами. Щоб запобігти під час їх депонування зараження підземних вод і поверхневих водних джерел, застосовують накопичувачі. У них використовують протифільтраційні пристрої, що забезпечують надійну роботу споруд і виключають витік стічної рідини. Вид накопичувача визначає характер стічних вод або твердих відходів.

### ***Контрольні питання***

1. Коли застосовують ліквідацію осадів стічних вод?
2. Охарактеризуйте метод ліквідації осадів спалюванням?
3. Назвіть можливості термічної переробки (спалювання) осаду.
4. Опишіть схему сушіння осаду в розпилюючих сушарках з киплячим шаром.
5. Опишіть схему сушіння осаду в багаточеревих печах.
6. Опишіть схему установки для спалювання осадів стічних вод і твердих відходів.
7. Опишіть технологічну схему заводу зі спалення осаду стічних вод ПЗОС.
8. Яка може бути екологічна ефективність під час спалювання осаду стічних вод порівняно з іншими методами обробки осаду?
9. Охарактеризуйте метод ліквідації осадів скиданням рідких осадів в накопичувачі та закачуванням осадів в земляні порожнечі.
10. Які застосовують накопичувачі для осадів стічних вод?

### **Тема 10 Технологічні схеми обробки осадів стічних вод**

Будь-яка технологічна схема обробки осадів має відповідати наступним вимогам:

- можливість використання або ліквідації осаду;
- доцільність використання побічних продуктів (газу, тепла);
- економія площ, займаних очисними спорудами.

Ту чи іншу схему застосовують у певному обмеженому діапазоні продуктивності споруд для обробки осаду.

### ***Контрольні питання***

1. Яким вимогам має відповідати будь-яка технологічна схема обробки осадів?
2. Опишіть комплексну схему центрифугування і аеробної мінералізації активного мула і суміші фугатів.
3. Дайте характеристику комплексній схемі анаеробного зброджування.
4. Як працює схема вакуум-фільтрації і термічного сушіння осадів.
5. Охарактеризуйте комплексну схему аеробної мінералізації, теплової обробки і фільтр-пресування осадів.
6. Які апарати застосовують в схемі роздільного центрифугування сирого осаду і активного мула?
7. Опишіть комбіновану схему центрифугування осадів стічних вод.
8. Як реалізують реагентну підготовку під час вакуум-фільтрування осаду?
9. Як працює технологічна схема фільтр-пресування осадів?
10. За рахунок яких процесів можна перевести органічну складову осадів в нетоксичні сполуки, розчинні у воді, а важкі метали неорганічної складової осадів – в нерозчинні у воді сполуки?
11. Дайте характеристику технологічній схемі обробки осадів, яка включає згущення, механічне зневоднення і низькотемпературне сушіння.
12. Охарактеризуйте процеси комплексної термічної переробки мулових осадів і госппобутових стоків з отриманням енергетичних продуктів, органомінеральних добрив і повогрунту.

13. Для чого проводять вилуговування важких металів з осадів стічних вод?

14. Які процеси реалізують в технологічній схемі реагентно-біологічного вилуговування важких металів з осадів міських стічних вод?

### **Тема 11 Напрями утилізації осадів стічних вод та біогазу**

Осади стічних вод (ОСВ) є цінним матеріальним і енергетичним ресурсом – вони можуть використовуватися як органічні добрива або спалюватися з отриманням тепла. Альтернативними способами утилізації ОСВ є виробництво різних будівельних матеріалів на основі золи та шлаку від спалювання ОСВ; отримання теплової енергії під час спалювання висушених осадів (окремо або разом з твердими побутовими відходами); використання осадів в складі сорбентів, що застосовують для очищення газів каналізаційних колекторів; рекультивация ґрунтів, кар'єрів і закритих звалищ шляхом засипання висушеними осадами тощо.

В процесі очищення стічних вод єдиними спорудами з позитивним енергетичним балансом є метантенки, в яких в результаті анаеробного зброджування осадів, отриманих під час очищення стічних вод, утворюється біогаз.

Анаеробне зброджування осадів стічних вод з наступним використанням створюваного біогазу в якості енергетичного палива дозволяє вирішити ряд важливих завдань як екологічного, так і енергетичного характеру:

- отримання стабілізованих осадів, які не здатні до гниття;
- використання біогазу для вироблення електричної та теплової енергії;
- зниження забруднення атмосфери метаном і ліквідація неприємних запахів, що виділяються під час перегнивання осадів, тобто запобігання забруднення атмосфери газами бродіння, а вироблювана енергія дозволить замінити від 50 до 100 % споживаної енергії каналізаційними очисними спорудами.

### ***Контрольні питання***

1. Назвіть основні напрями утилізації осадів стічних вод.
2. Як можна використовувати оброблені осаді стічних вод у сільському господарстві?
3. Які цінні продукти можна регенерувати з оброблених осадів стічних вод?
4. Які є технології використання перероблених осадів стічних вод під час виробництва будівельних матеріалів?
5. Опишіть схему виробництва біоцементу.
6. Як пропонують реалізовувати виробництво адсорбентів з осадів муніципальних стічних вод?
7. Охарактеризуйте схему отримання активованого вугілля з активного мулу методом піролізу.
8. Дайте характеристику фізичним властивостям та складу біогазу, утворюваному при анаеробному збродженні осадів стічних вод.
9. Які основні напрями утилізації біогазу?
10. Які необхідні пристрої повинна мати біогазова установка для нормального функціонування?

11. Що таке «біоенергетика»?
12. Які основні будівлі та споруди мають входити до складу систем використання біогазу в котельнях?
13. Які основні будівлі та споруди мають входити до складу систем утилізації біогазу в газових двигунах внутрішнього згоряння з електрогенераторами (двигун-генераторах)?
14. Опишіть схему підготовки біогазу для заправлення балонів.
15. Від чого залежить теплотворна здатність і кількість біогазу?
16. Які завдання дозволяє вирішити використання біогазу?

## **Тема 12 Технологія обробки осадів водопровідних очисних станцій**

Технологічними схемами роботи очисних споруд водопровідних станцій передбачено витрату води на власні потреби в кількості від 10 до 14 % добової продуктивності станції. Цю кількість у вигляді промивних вод фільтрів або контактних прояснювачів (до 90 % води, використовуваної на власні потреби станцій), а також осади, які утворюються під час очищення води, скидають у водойми, завдаючи відчутної шкоди навколишньому середовищу. Крім того, цінні компоненти, що викидають з осадом, могли б використовуватися в народному господарстві, так як вони містять велику кількість органіки і елементів мінерального походження.

Безстічною називають таку схему водоочищення, при якій обсяг стоків або «хвостів», які скидають з основною технологічною схемою, зведений до нуля, або до таких величин, врахування яких не проводять.

За цією схемою промивні води фільтрів через пісковловлювачі, резервуари-накопичувачі повертають в голову очисних споруд, а осад ущільнюють, обробляють флокулянтном і зневоднюють на фільтр-пресах. Фільтрат, що утворився в результаті зневоднення осадів, направляють в резервуар-накопичувач і спільно з промивними водами фільтрів подають також в голову очисних споруд. Зневоднений осад (кек) можна використовувати як компонент сировинної суміші для виробництва червоної цегли замість глини або як добрива в лісових розсадниках і лісопосадках з метою підвищення родючості ґрунту. Таким чином, скидання у водойми не проводять, що сприяє охороні навколишнього середовища.

### ***Контрольні питання***

1. Яку схему водоочищення називають безстічною? Опишіть її.
2. Які переваги має оборот промивних стоків?
3. Дайте класифікацію джерел водопостачання за характером осадоутворення.
4. Охарактеризуйте осади за характерними групами вододжерел України.
5. Опишіть методи обробки та мехзневоднення осадів 1 групи.
6. Опишіть методи обробки та мехзневоднення осадів 2 групи.
7. Опишіть методи обробки та мехзневоднення осадів 3 групи.
8. Опишіть методи обробки та мехзневоднення осадів 4 групи.
9. Які можуть бути застосовані методи утилізації осадів технологічних схем водоочищення?

## СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування : ДБН В.2.5-75:2013 / Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. – Київ, 2013. – 210 с.
2. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування : ДБН В.2.5 – 74:2013 / Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. – Київ, 2013. – 287 с.
3. Долина Л. Ф. Реконструкція систем водопостачання та водовідведення : монографія / Л. Ф. Долина, П. Б. Машихіна, В. А. Козачина. – Дніпро : Журфонд, 2021. – 220 с.
4. Ковальчук В. А. Очистка стічних вод : навч. посібник / В. А. Ковальчук. – Рівне : Рівненська друкарня, 2003. – 622 с.
5. Дрозд Г. Я. Техничко-екологические записки по проблеме утилизации осадков городских и промышленных сточных вод / Г. Я. Дрозд, Н. И. Зотов, В. Н. Маслак. – Донецк : ИЭП НАН Украины, 2001. – 340 с.
6. Терещук А. И. Исследование и переработка осадков сточных вод / А. И. Терещук. – Львов : Вища школа, 1988. – 146 с.
7. Кравченко В. С. Водопостачання та каналізація / В. С. Кравченко. – Київ : Кондор, 2003. – 288 с.
8. Канализация населённых мест и промышленных предприятий / Н. И. Лихачев, И. И. Ларин, С. А. Хаскин и др. ; Под общ. ред. В. Н. Самохина. (Справочник проектировщика). – М. : Стройиздат, 1981. – 639 с.
9. Епоян С. М. Водовідведення і очищення стічних вод міста: навч. посібник / С. М. Епоян, Г. М. Смірнова, І. В. Корінько, С. П. Пашкова. – Харків : Видавнича група «РА Каравела», 2003. – 144 с.
10. Долина Л. Ф. Проектирование станций очистки сточных вод населенного пункта / Л. Ф. Долина. – Днепропетровск : ДИИТ, 2002. – 144 с.
11. Реконструкція і інтенсифікація споруд водопостачання та водовідведення : навч. посібник / О. А. Василенко, П. О. Грабовський, Г. М. Ларкіна, А. В. Поліщук, В. Й. Прогульний. – Київ – Одеса, КНУБА, ОДАБА, 2007. – 299 с.
12. Природоохоронні технології : навч. посібник. Ч. 3: Методи переробки осадів стічних вод / В. Г. Петрук, І. В. Васильківський, І. І. Безвозюк, Р. В. Петрук, П. М. Турчик. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 324 с.
13. Шквірко О. М. Адаптація світового досвіду утилізації осадів стічних вод до екологічних умов України / О. М. Шквірко, І. С. Тимчук, М. С. Мальований. Електронні текстові дані. – Режим доступу: <http://surl.li/adjml>, вільний (дата звернення 01.09.2021). – Назва з екрана.
14. Зневоднення та згущення осаду стічних вод. Flottweg [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://surl.li/adjlu>, вільний (дата звернення 01.09.2021). – Назва з екрана.
15. ECODEVELOP: Біогазові комплекси [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ecodevelop.ua>, вільний (дата звернення 01.09.2021). – Назва з екрана.
16. Свірідова В. А., Медведєва О. В. Основні проблеми утилізації осадів стічних вод [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://surl.li/adjmk>, вільний (дата звернення 01.09.2021). – Назва з екрана.

## ДОДАТОК А

Таблиця А.1 – Кількість забруднень, затримуваних решітками [1, таблиця 18]

Ширина прозорів решіток, мм	0,5	1	2	3	6	15	16
Обсяг відходів, л/рік на одного мешканця	45	34	26	22	16	10	8

## ДОДАТОК Б

Таблиця Б.1 – Кількість і вологість піску, затримуваного пісковловлювачами [1, таблиця 20]

Тип пісковловлювача	Кількість затримуваного піску, л/добу на 1 мешканця	Вологість піску, %
Горизонтальний	0,02	60
Аерований	0,03	40
Тангенційний	0,02	60

## ДОДАТОК В

Таблиця В.1 – Кількість забруднюючих речовин у побутових стічних водах, г/добу на 1 мешканця [1, таблиця 16]

Завислі речовини	65
БСК <sub>5</sub> непроясної рідини	54
БСК <sub>полн</sub> непроясної рідини	75
ХСК непроясної рідини	87
Азот загальний, в т.ч. азот амонійних солей	11 8
Фосфор загальний, в т.ч. фосфор фосфатів	1,8 1,44
Хлориди	9
ПАР	2,5

## ДОДАТОК Г

Таблиця Г.1 – Параметри для розрахунку мулоущільнювачів

Характеристика надлишкового активного мулу	Вологість ущільненого активного мулу, %		Тривалість ущільнення, год.		Швидкість руху рідини у відстійній зоні вертикального ущільнювача, мм/с
	Ущільнювач				
	вертикальний	радіальний	вертикальний	радіальний	
Мулова суміш із аеротенків із концентрацією 1,5–3,0 г/л	–	97,3	–	5-8	–
Активний мул із вторинних відстійників із концентрацією 4 г/л	98	97,3	10-12	9-11	Не більше 0,1
Активний мул із зони відстоювання аеротенків-відстійників з концентрацією 4,5–6,5 г/л	98	97,0	16	12-15	Те ж

## Додаток Д

Таблиця Д.1 – Основні параметри вертикальних первинних відстійників

Діаметр, м		Висота, м		Розрахунок глибина проточної частини, м	Площа, м <sup>2</sup>			Об'єм, м <sup>3</sup>	
відстійника	центральної труби	циліндричної частини	конічної частини		загальна	центральної труби	корисна	циліндричної частини	конічної частини
4,5	0,7	3,6	2,45	3,3	12,55	0,38	12,11	51,50	8,35
6	1,0	4,2	3,3	3,8	28,30	0,78	27,50	119,0	32,00
9	1,4	4,2	5,1	3,8	63,30	1,55	62,05	263,0	71,30

## ДОДАТОК Е

Таблиця Е.1 – Основні параметри радіальних відстійників [8, таблиця 12.6]

Діаметр, м	Відстійник	Глибина, м		Об'єм зони, м <sup>3</sup>	
		Н <sub>г</sub>	Н <sub>з.в.</sub>	мулової	відстійної
18	Первинний	3,4	3,1	120	788
18	Вторинний	3,7	3,1	160	788
24	Первинний	3,4	3,1	210	1 400
24	Вторинний	3,7	3,1	280	1 400
30	Первинний	3,4	3,1	340	2 190
30	Вторинний	3,7	3,1	440	2 190
40	Первинний	4,0	3,6	710	4 580
40	Вторинний	4,35	3,65	915	4 580

## ДОДАТОК Ж

Таблиця Ж.1 – Добова доза завантаження осаду в метантенк [8, таблиця 36.3]

Режим зброджування	Добова доза завантажувального в метантенк осаду $D_{mt}$ , %, за умови вологості осаду, %, не більше				
	93	94	95	96	97
Мезофільний	7	8	9	10	11
Термофільний	14	16	18	20	22

## ДОДАТОК И

Таблиця И.1 – Дані для визначення коефіцієнту  $K_r$  [8, таблиця 36.3]

Режим зброджування	Значення коефіцієнту $K_r$ за умови вологості завантажувального осаду, %				
	93	94	95	96	97
Мезофільний	1,05	0,89	0,72	0,56	0,40
Термофільний	0,455	0,385	0,31	0,24	0,17

## ДОДАТОК К

Таблиця К.1 – Конструктивні розміри З/Б метантенків [8, таблиця 36.5]

Діа-метр, м	Корисний об'єм одного резервуара, м <sup>3</sup>	Висота, м			Будівельний об'єм, м <sup>3</sup>	
		верхнього конусу	циліндричної частини	нижнього конусу	будівлі обслуговування	кіоску газової мережі
12,5	1 000	1,9	6,5	2,15	652	100
15,0	1 600	2,35	7,5	2,6	2 035	112
17,5	2 500	2,5	8,5	3,05	2 094	136
20	4 000	2,9	10,6	3,5	2 520	174
18	6 000	3,15	18,0	3,5	2 700	170
22,6	8 000	4,45	16,3	3,7	2 000	170

## ДОДАТОК Л

Таблиця Л.1 – Основні дані газгольдерів [8, таблиця 36.6]

Об'єм газгольдера, м <sup>3</sup>	Внутрішній діаметр, мм		Висота, мм		
	резервуара	колокола	газгольдера	резервуара	колокола
100	7 400	6 600	7 450	3 450	3 400
300	9 300	8 500	12 500	5 920	6 880
600	11 480	10 680	15 400	7 390	7 610
1000	14 500	13 700	15 400	7 390	7 610
3000	21 050	20 250	20 100	9 800	9 900
6000	26 900	26 100	24 200	11 750	12 050

## ДОДАТОК М

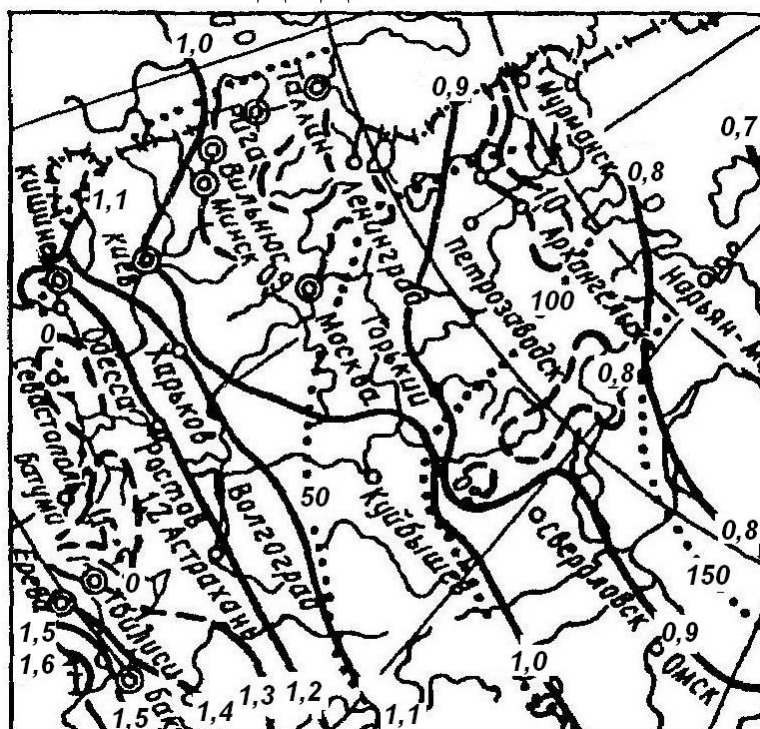


Рисунок М.1 – Кліматичні коефіцієнти для визначення величини навантаження на мулові площадки (суцільні і пунктирні лінії) і тривалості періоду наморожування на мулових площадках, дні (точкові лінії)



## ДОДАТОК Н

Таблиця Н.1 – Основні параметри типових аеротенків-витиснювачів [8, таблиця 27.7]

Ширина коридору, м	Робоча глибина аеротенку, м	Кількість коридорів, м	Робочий об'єм однієї секції, м <sup>3</sup> , за її довжини, м						
			36 – 42	48 – 54	60 – 66	72 – 78	84 – 90	96 – 102	108 – 114
4,5	3,2	2	1 040 – 1 213	1 386 – 1 559	1 732				
		3	1 560 – 1 820	2 080 – 2 340	2 600				
		4	2 070 – 2 416	2 762 – 3 108	3 494 – 3 200				
	4,4	2	1 420 – 1 658	1 896 – 2 134	2 372				
		3	2 140 – 2 496	2 852 – 3 208	3 564				
		4	2 850 – 3 325	3 800 – 4 275	4 750 – 5 225				
6	4,4	2		2 530 – 2 847	3 154 – 3 471	3 788			
		3		3 800 – 4 275	4 750 – 5 225	5 700			
		4		5 700	5 334 – 6 968	7 602 – 8 230	6 870		
	5	2		2 880 – 3 240	3 600 – 3 960	4 230			
		3		4 320 – 4 860	5 400 – 5 940	6 480			
		4		6 500	7 220 – 7 940	8 666 – 9 380	10 100		
9	4,4	2				6 180	6 655 – 7 130	7 505 – 7 980	8 455
		3				9 270	9 983 – 10 696	11 409 – 12 122	12 835
		4					18 300	15 200 – 16 150	17 100 – 18 050
	5	2				7 020	7 560 – 8 100	8 640 – 9 180	9 720
		3				10 530	11 340 – 12 150	12 960 – 13 770	14 580
		4					15 120 – 16 200	17 280 – 18 360	19 440 – 20 520

## ДОДАТОК П

Таблиця П.1 – Параметри для визначення навантаження на мулові площадки  
[1, таблиця 24]

Характеристика осаду	Мулові площадки				
	на природній основі	на природній основі з дренажем	на штучній асфальтобетонній основі з дренажем	каскадні	площадки-ущільнювачі
Зброджена в мезофільних умовах суміш з первинних відстійників і активного мулу	1,2	1,5	2,0	1,5	1,5
Те саме, в термофільних умовах	0,8	1,0	1,5	1,0	1,0
Зброджений осад з первинних відстійників і осад з двоярусних відстійників	2,0	2,3	2,5	2,0	2,3
Аеробно стабілізована суміш активного мулу і осаду з первинних відстійників або стабілізований активний мул	1,2	1,5	2,0	1,5	1,5

Примітка. Для місцевостей з кількістю опадів за рік не більше ніж 500 мм під час визначення навантаження на мулові площадки можна застосовувати коефіцієнт 1,2; за умови кількості опадів більше 600 мм рекомендується приймати коефіцієнт 0,9.

## ДОДАТОК Р

Таблиця Р1 – Основні технічні характеристики деяких типів центрифуг різних виробників (1)

Тип	Гідравлічна продуктивність, м <sup>3</sup> /год.	Маса, кг	Встановлена потужність, кВт
ОГШ-250	5	920	18
B/DF 300 («BARGAM»)		800	7,5
ES-132 («AMCON»)		300	0,4
ОГШ -350	10	1 500	40
B/DF 300LH («BARGAM»)		850	11
ES-301 («AMCON»)		750	0,8
ОГШ -630	40	7 500	90
B/DF 500H («BARGAM»)		3 500	45
ES-303 («AMCON»)		1 700	1,6
ОГШ -1101-01M	100	28 000	337
B/DF 650LH («BARGAM»)	70	6 000	95

Таблиця Р2 – Основні технічні характеристики деяких типів центрифуг різних виробників (2)

Технологічний показник	Позначення центрифуг		
	ОГШ-301	ОГШ-461	ОГШ-751
Продуктивність:			
– за пульпою, м <sup>3</sup> /год;	4 – 12	12 – 35	30 – 90
– вагова, т/год;	4,5 – 12,5	12,5 – 35,5	30,5 – 90,5
– за сухою твердою речовиною, т/год	1,5	5,0	18,0
Віднесення сухої речовини з фугатом, % сухої речовини в осаді	5 – 35		
Вологість зневодненого продукту, %	65 – 75		

## ДОДАТОК С

Таблиця С.1 – Основні технічні характеристики стрічкових ситових фільтр-пресів («ЕКОТОН»)

Основні характеристики	ПЛ – 12	ПЛ – 16	ПЛ – 20
Продуктивність, т/хв:			
– за сухою речовиною, не більше, кг/год;	600	800	1100
– за вихідним осадом, не більше, м <sup>3</sup> /год	14	20	25
Ширина стрічок, мм	1 200	1 600	2 000
Швидкість стрічок, м/хв.	від 2 до 9		
Потужність приводу, кВт:	2,2		
Габаритні розміри, мм:			
– довжина;	4 100	4 100	4 100
– ширина;	2 150	2 550	2 950
– висота	1 950	1 950	1 950
Маса, кг, не більше	4 500	5 000	5 700

## ДОДАТОК Т

Таблиця Т.1 – Середня за висотою осадової частини відстійника концентрація твердої фази в ущільненому осаді у відстійниках станцій водопідготовки [2, таблиця 19]

Вміст завислих речовин у вихідній воді, НОК (мг/дм <sup>3</sup> )	Використовувані реагенти	Концентрація твердої фази в осаді (під час обробки води коагулянт), мг/л, за умови інтервалу між скидами осаду, год		
		6	12	24
до 86 (50) вкл.	коагулянт	9 000	12 000	15 000
86 (50) – 172 (100) вкл.		12 000	16 000	20 000
172 (100) – 690 (400) вкл.		20 000	32 000	40 000
690 (400) – 1 724 (1000) вкл.		35 000	50 000	60 000
1 724 (1000) – 2 586 (1500) вкл.		80 000	100 000	120 000
понад 2 586 (1500)	флокулянт	90 000	140 000	160 000
понад 2 586 (1500)	без реагентів	200 000	250 000	300 000

*Виробничо-практичне видання*

Методичні рекомендації до проведення практичних занять та організації  
самостійної роботи  
з навчальної дисципліни

**«ТЕХНОЛОГІЯ ПЕРЕРОБКИ ТА УТИЛІЗАЦІЇ ОСАДІВ»**

*(для здобувачів вищої освіти всіх форм навчання  
другого (магістерського) рівня  
за спеціальністю 194 – Гідротехнічне будівництво,  
водна інженерія та водні технології)*

Укладач **СОРОКІНА** Катерина Борисовна

Відповідальний за випуск *Г. І. Благодарна*

*За авторською редакцією*

Комп'ютерне верстання *К. Б. Сорокіна*

План 2019, поз. 126М.

---

Підп. до друку 24.09.2021. Формат 60 × 84/16.  
Електронний документ. Ум. друк. арк. 3,0.

Видавець і виготовлювач:  
Харківський національний університет  
міського господарства імені О. М. Бекетова,  
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.  
Електронна адреса: office@kname.edu.ua  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:  
ДК № 5328 від 11.04.2017.