

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ  
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

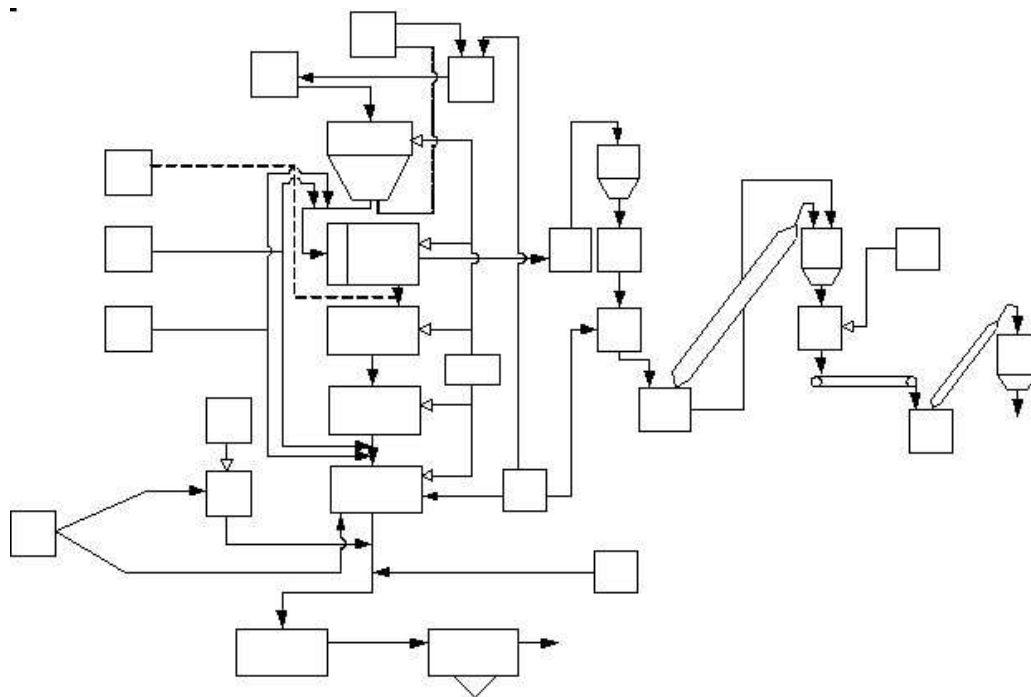
С.Б.Козловська, К.Б.Сорокіна

## КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

З ДИСЦИПЛІНИ

### "СПЕЦКУРС З ОЧИСТКИ СТИЧНИХ ВОД"

(для студентів 5 курсу денної і заочної форм навчання  
напряму підготовки 0926 – «Водні ресурси» спеціальності 7.092601,  
8.092601 – «Водопостачання та  
водовідведення»)



Харків – ХНАМГ – 2008

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ  
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

С.Б.Козловська, К.Б.Сорокіна

*КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ*

З ДИСЦИПЛІНИ

***"СПЕЦКУРС З ОЧИСТКИ СТІЧНИХ ВОД"***

(для студентів 5 курсу денної і заочної форм навчання напряму підготовки 0926 – «Водні ресурси» спеціальності 7.092601, 8.092601 – «Водопостачання та водовідведення»)

Конспект лекцій з дисципліни "Спецкурс з очистки стічних вод" (для студентів 5 курсу денної і заочної форм навчання напряму підготовки 0926 – «Водні ресурси» спеціальності 7.092601, 8.092601 – «Водопостачання та водовідведення»). Авт: С.Б.Козловська, К.Б.Сорокіна. – Харків: ХНАМГ, 2008. – 86 с.

Автори: С.Б.Козловська,  
К.Б.Сорокіна

Рецензент: д.т.н., проф. С.С.Душкін

Рекомендовано кафедрою водопостачання, водовідведення і очищення вод, протокол № 1 від 2.09.2008 р.

# ЗМІСТ

Стор.

ВСТУП.....	4
<b>ЗМ 1.1. ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ВІД ЗАБРУДНЕННЯ БІОГЕННИМИ РЕЧОВИНАМИ.....</b>	<b>5</b>
<i>Тема 1.</i> Інтенсифікація процесів очистки міських стічних вод.....	5
<i>Тема 2.</i> Фізико-хімічні методи обробки стічних вод.....	17
<i>Тема 3.</i> Методи очищення поверхневих стічних вод. Ефективність очищення поверхневих вод від органічних забруднень та завислих речовин.....	38
<b>ЗМ 1.2. ОБРОБКА ТА УТИЛІЗАЦІЯ ОСАДІВ І БІОГАЗУ МЕТАНТЕНКІВ.....</b>	<b>51</b>
<i>Тема 1.</i> Методи обробки осадів.....	48
<i>Тема 2.</i> Утилізація осадів та біогазу метантенків.....	72
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	85

## ВСТУП

Сучасний рівень розвитку промисловості, комунального і сільського господарства викликає значне зростання споживання чистої питної і технічної води, призводить до збільшення кількості забруднених різними домішками відпрацьованих стічних вод. Скидання останніх у водоймища призводить до їх забруднення, а отже, значно зменшуються ресурси чистої прісної води, погіршується стан навколишнього середовища. Тому в Україні на державному рівні неодноразово ухвалювалися рішення про підвищення ефективності заходів щодо охорони природи, раціональнішого використання водних ресурсів.

Для втілення цих рішень в життя надзвичайно важливою є розробка і широке впровадження замкнутих циклів водоспоживання, пов'язані з необхідністю очищення стічних вод від забруднень і подальшим поверненням їх в процес.

Особливо важливою є комплексна переробка стічних вод, тобто перетворення забруднюючих домішок в корисні продукти. Крім цього, актуальною є проблема обробки осадів стічних вод, які утворюються при очищенні, що також має не лише технологічне, але і природоохоронне значення.

Предметом вивчення дисципліни «Спецкурс з очищення стічних вод» є сучасні вимоги охорони і раціонального використання водних ресурсів; методи і споруди поліпшення якості стічних вод і поверхневого стоку, призначених для повторного використання або скидання у водоймища; підвищення ефективності роботи фільтрів для доочистки стічних вод, принципові схеми, конструктивні рішення; теоретичні основи процесів зневоднення осадів стічних вод; утилізація осадів і біогазу.

## **ЗМ 1.1. ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ВІД ЗАБРУДНЕННЯ БІОГЕННИМИ РЕЧОВИНАМИ**

### ***Тема 1. Інтенсифікація процесів очищення міських стічних вод***

- 1. Сутність реагентної обробки стічних вод і принцип дії споруд.**
- 2. Споруди, які використовують при реагентній обробці стічних вод.**
- 3. Схеми очищення міських стічних вод з глибоким видаленням фосфору.**

#### ***1. Сутність реагентної обробки стічних вод і принцип дії споруд***

Проблема захисту водоймищ від забруднення їх стічними водами є однією з актуальних проблем нашого часу. При механічному і неповному біологічному очищенні у водоймища скидається вода, що містить ще достатньо велику кількість органічних забруднень. Навіть при повному біологічному очищенні не вдається добитися необхідного ступеня вилучення із стічних вод деяких органічних і неорганічних компонентів (ПАР, пестицидів, іонів важких металів, барвників, нафтопродуктів, біогенних елементів та ін.). Досить часто діючі очисні споруди працюють з перевантаженням і дають воду, що не відповідає необхідній якості. Біогенні елементи разом з очищеними стічними водами поступають у водоймища, що посилює розвиток процесів евтрофікації (масового розвитку водоростей, так званого «цвітіння»), тобто відбувається вторинне забруднення водоймищ.

Знизити концентрацію фосфору й азоту можна або комбінуванням хімічних і біологічних методів очищення, або фізико-хімічним очищенням.

При хімічному очищенні стічних вод як реагенти рекомендують застосовувати солі заліза, алюмінію (відходи промислових підприємств), які призводять до покращання утворення пластівців, прискорення осадження завислих та колоїдних частинок, а найголовніше, видаленню фосфору й азоту, і тим самим сприяють інтенсифікації та поглибленню процесу очищення стічних вод вже на стадії їх механічного очищення. Причому присутність в стічних водах коагулянтів не робить негативного впливу на біохімічні процеси, що протікають в аеротенках.

Пропонується вводити реагент в такі точки очисних споруд:

1. Перед первинними відстійниками із розрахунку  $50 \text{ г/м}^3$  (по  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ );
2. Перед аеротенками –  $25 \text{ г/м}^3$ ;
3. Перед фільтрами –  $8 \text{ г/м}^3$ ;
4. Перед вторинними відстійниками –  $15 \text{ г/м}^3$  [5].

Рекомендована реагентна обробка заснована на введенні в стічну воду невеликих кількостей реагентів у вигляді водних розчинів, отриманні крупних пластівців при перемішуванні води в камерах та відділенні цих пластівців від

рідкої фази у відстійниках. При введенні в стічну воду коагулянтів відбувається утворення позитивно заряджених складних полімерних комплексів гідроокисів металів, які нейтралізують негативний заряд колоїдних забруднень, утворюючи разом з ними крупні пластівці, що добре відділяються від води. Одночасно відбувається адсорбція на частинках гідроокисів розчинних у воді органічних речовин. Необхідною умовою отримання високої якості відстоюної води є забезпечення оптимальних умов утворення пластівців, а також надійна робота відстійників, що максимально затримують пластівці.

Рекомендована реагентна обробка стічних вод на стадії механічного очищення включає такі процеси й споруди:

- затримання крупних плаваючих забруднень та піску на звичайних ґратах і в піскоуловлювачах, тобто як на звичайних спорудах механічного очищення стічних вод;
- введення реагентів і змішування їх із стічною водою;
- коагуляція забруднень з утворенням крупних пластівців та осадження цих пластівців у відстійниках;
- обробка осаду, що утворився в результаті очищення.

Орієнтовно при фізико-хімічному очищенні міських стічних вод *دوزи реагентів* коливаються в межах: для сірчаноокислого алюмінія – 30-60 г/м<sup>3</sup> за Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; для хлорного заліза - 70-100 г/м<sup>3</sup> за Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; для залізного купоросу – 25-80 г/м<sup>3</sup> за Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; для сірчаноокислого заліза – 70-100 г/м<sup>3</sup> за Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; для вапна – 100-200 г/м<sup>3</sup> за CaO; для ПАА – 1-2 г/м<sup>3</sup> активних полімерів; для хлорвміщуючих реагентів – 5 г/м<sup>3</sup> за активним хлором.

Відділення пластівців, що утворилися, від стічної води проводиться у відстійниках різного типу: вертикальних, горизонтальних, радіальних та ін. Відстоюна стічна вода подається на біологічні споруди в схемі хіміко-біологічного очищення або на фільтрувальні споруди в разі прямого фізико-хімічного очищення.

Потім очищена стічна вода подається в контактні резервуари, де проводиться її знезараження хлорвміщуючими реагентами. Осад, що утворюється в результаті очищення стічної води, поступає в ущільнювач, а потім на споруди зі зневоднення: фільтр-преса, центрифуги або мулові майданчики. Фільтрат, фугат або мулова вода подаються в «голову» споруд для подальшого очищення. Зневоднений осад знезаражують, вивозять на звалище для обробки спільно з міським сміттям або використовують як добриво.

При введенні реагенту перед первинними відстійниками в процесі коагуляції й відстоювання із стічної води видаляється основна частина завислих та колоїдних забруднень, а також і частина забруднень, що знаходяться в розчиненому стані, у тому числі й фосфатів. Унаслідок цього зменшується кількість забруднень, що поступають на споруди біологічного очищення (аеротенки), це дозволить скоротити тривалість аерації, понизити кількість повітря і електроенергії, зменшити об'єм аеротенків і надлишкового мула. Із зменшенням кількості надлишкового мула продуктивність споруд механічного зневоднення осадів збільшується.

Таким чином, введення реагентів перед первинними відстійниками дозволить підвищити ефект їх роботи зі зниження завислих речовин в середньому в 1,5 рази, за БСК – 2,5 рази, за фосфатами - в 3-4 рази, що відповідно понизить навантаження на споруди біологічного очищення (аеротенки), дозволить зменшити їх об'єм на 50%, витрату повітря (а отже і електроенергії) до 30%. Вологість осаду рівна 97,5–98,5%. Об'єм осаду рівний 0,8-1,6% об'єму стічної води залежно від типу використовуваного реагенту і вмісту завислих речовин у вихідній стічній воді. Відстояна стічна вода залежно від прийнятої схеми очищення подається на біологічні споруди (аеротенки – хіміко-біологічне очищення) або на фільтри у разі прямого фізико-хімічного очищення.

Для інтенсифікації механічного очищення стічних вод можуть бути використані мінеральні коагулянти, промислові відходи, а також органічний флокулянт – поліакриламід (ПАА).

Залізний купорос, що є промисловим відходом, може використовуватися самостійно або в поєднанні з вапном в умовах, що забезпечують його окислення до тривалентного заліза. Гранульоване окисне сірчаноокисле залізо, яке виготовляють з промислових відходів, можна використовувати без добавки вапна.

Зниження концентрації азоту і фосфору в очищених стічних водах може бути досягнуте і за допомогою «симультанного» осадження шляхом поєднання реагентної обробки з біологічною (з використанням солей заліза). Цей метод полягає у введенні коагулянтів перед аеротенками, внаслідок чого видалення сполук фосфору відбувається шляхом осадження розчинних його форм іонами металів та мікробіальної асиміляції з подальшим видаленням нерозчинних форм фосфору разом з надлишковим мулом. Причому присутність в стічних водах коагулянтів не впливає на біохімічні процеси, що протікають в аеротенку.

Оскільки в аеротенках в достатній кількості є розчинений кисень, двовалентне залізо окислюється до тривалентного, яке гідролізується, утворюючи суспензію гідроксиду заліза у вигляді пластівців. У вторинних відстійниках завершується процес флокуляції гідроксиду заліза і він випадає в осад. Тривалентне залізо в аеротенках вступає в хімічну взаємодію із сполуками фосфору, які потім з вторинних відстійників видаляються разом з активним мулом.

У результаті «симультанного» осадження з урахуванням повного біологічного очищення концентрація загального фосфору знижується на 90%, а загального азоту на 55%.

Введення реагенту перед аеротенками забезпечує глибоке видалення сполук фосфору і дозволяє досягти якості очищених стічних вод за вмістом органічних забруднень і завислих речовин на рівні повного біологічного очищення.

Схема з введенням реагенту перед аеротенками, доповнена фільтрувальними спорудами (доочисткою), забезпечить доочистку стічних вод від завислих речовин і загального фосфору.



Схему з введенням реагенту перед вторинними відстійниками використовують тільки в комплексі з фільтрувальними спорудами, причому з введенням солей тривалентного заліза або алюмінію.

При введенні реагенту перед аеротенками можливе застосування солей двовалентного заліза.

Прийнята система має велику технологічну гнучкість, бо технологічна схема дозволяє вводити реагент або перед первинними відстійниками, або перед аеротенками, або перед піщаними фільтрами. У кожному випадку змінюється доза реагентів і відповідно ефект очищення від органічних і біогенних речовин. Залежно від дози реагентів з'явиться можливість управляти якістю очищеної води.

## **2. Споруди, які використовують при реагентній обробці стічних вод**

### *Споруди із затримання плаваючих забруднень і піску*

Для затримання плаваючих забруднень використовують механізовані або ручні ґрати (залежно від продуктивності очисної станції) з прозорами не більше 16 мм, а краще до 5 мм. Розрахунок і проектування будівлі ґрат слід здійснювати відповідно до [1]. Відходи, затримані на ґратах, вивозять до звалищ або спалюють. Щоб уникнути зашламування камер утворення пластівців не рекомендується скидання роздроблених відходів у стічну воду перед ґратами.

Для затримання піску на станціях незалежно від продуктивності повинні передбачатися піскоуловлювачі. Вибір типу піскоуловлювачів, розрахунок і проектування їх, а також споруд для збору і видалення піску слід проводити відповідно до [1]. У разі використання в якості реагенту залізного купоросу бажано передбачати аерировані піскоуловлювачі з часом перебування в них не менше 7 хв. або преаератори (на станції хіміко-біологічного очищення) з часом перебування не менше 10-15 хв.

### *Споруди зі зберігання, приготування і дозування реагентів*

При реагентній обробці стічних вод необхідно додатково запроектувати будівлю реагентного господарства. У будівлі розміщують відділення сухого зберігання реагенту, витратні баки та баки розчинів реагенту, насосне відділення.

Реагент самоскидами доставляють на склад сухого зберігання. Електричним краном, обладнаним ґрейфером, сухий реагент подають в баки розчинів, одночасно в баки поступає вода для розчинення реагенту і доведення розчину до 30% концентрації.

З баків розчинів розчин реагенту насосами перекачується у витратні баки, де його концентрація доводиться до робочої, тобто 15%-ної, і вже з витратних баків реагент в необхідних кількостях може дозуватися в будь-яку точку очисних споруд.

Вибір схеми введення реагенту здійснюється з урахуванням вимог завислих речовин, виду реагенту і необхідності в розширенні очисних споруд.

Для безперебійної роботи технологічних споруд станції повинен бути забезпечений 30-добовий запас реагентів, що розміщують в закритих складах або в спеціальних резервуарах при мокрому зберіганні і розташовують в будівлях. Якщо реагенти доставляють на станцію залізничним транспортом, то доцільно, щоб ємкість складів дорівнювала кратному об'єму великовантажного вагону при 10-добовому запасі реагенту до моменту завантаження.

Склади для зберігання реагентів (окрім хлора) належить розташовувати поблизу приміщення для приготування їх розчинів на першому поверсі будівлі. Склади реагентів повинні мати пристрій для механізованого вивантаження продукту із залізничних вагонів або автомашин.

При мокрому зберіганні коагулянтів, що значною мірою полегшує працю обслуговуючого персоналу і що забезпечує безперебійність і рівномірність дозування реагентів, баки розчинів можуть бути сховищами насиченого розчину коагулянта разом з його частиною, яка не розчинилася. В міру відбору розчину баки доповнюють водою і перемішують вміст в них за допомогою стислого повітря. Розрахунковий об'єм резервуарів-сховищ повинен вміщати 15-30-добовий запас коагулянтів. Концентрація розчинів коагулянтів при цьому приймається рівною 10-20% за безводним продуктом. Резервуари-сховища можуть розташовуватися і поза будівлями реагентного господарства, але повинні бути захищені від замерзання, оскільки зберігання висококонцентрованих розчинів коагулянта без зміни їх фізичного стану можливе при температурі не нижче  $+8^{\circ}\text{C}$ . З резервуарів-сховищ концентрований розчин коагулянта повинен перекачуватися в робочі баки, де концентрація розчинів доводиться до 4-10%.

При сухому зберіганні реагентів приготування розчину коагулянта повинне проводитися в баках розчинів, звідки він повинен випускатися або перекачуватися у витратні баки кислотостійкими насосами або за допомогою ежекторів. Кількість баків розчинів повинна прийматися не менше двох. Об'єм робочих витратних баків визначається виходячи з 4-годинної (не менше) потреби в розчині. Концентрація робочого розчину коагулянта може прийматися 4-15% за безводним продуктом залежно від типу реагенту і дозуючого пристрою. Кількість баків розчинів також повинна прийматися не менше двох.

Приміщення, які призначені для приготування і дозування розчинів реагентів, повинні бути обладнані вентиляцією, що забезпечує не менше ніж п'ятикратний обмін повітря в час. При використанні сірчаноокислого окисного заліза не рекомендується застосовувати для перемішування механічні мішалки і циркуляційні насоси, зважаючи на можливе злежування продукту, що містить нерозчинні домішки. При використанні вапна його зберігання і приготування робочих розчинів залежить від виду і якості товарного продукту.

При використанні флокулянту (поліакриламід) для приготування водного розчину слід передбачати обладнання баків розчинів механічними лопатними мішалками з частотою обертання валу 800-1000 1/хв.

Дозування розчину коагулянту повинне здійснюватися залежно від виду його, ступеня корозійності за допомогою насосів-дозаторів, спеціальних

дозаторів або ежектора. При цьому у всіх випадках необхідно забезпечити точність дозування  $\pm 2-5\%$  заданої дози і передбачити резерв дозуючих пристроїв. При використанні порошкоподібного вапна доцільно застосовувати сухе дозування його. Розчини вапна (вапняне молоко) слід дозувати спеціальними пристроями, пристосованими для роботи з суспензіями.

Устаткування для подачі розчинів реагентів на споруди слід виконувати з кислотостійких матеріалів, а всі комунікації – з корозійностійких матеріалів.

Контроль за правильністю подачі заданої дози розчину реагенту повинен проводитися кілька разів в зміну. Погіршення якості очищеної стічної води служить сигналом для позачергового контролю за дозою реагентів.

#### *Пристрої змішувачів*

Для рівномірного і швидкого змішення реагентів з оброблюваною стічною водою з метою отримання максимального ефекту освітлення введення їх бажано проводити в зонах найбільшої турбулентності потоку оброблюваної води і не в одній, а в декількох точках поперечного перетину потоку. Пристрої змішувачів повинні забезпечувати час змішення 15-30 сек.

Для змішування можуть бути використані аерировані піскоуловлювачі, водовимірювальні лотки, звичайні лотки, обладнані дерев'яними перегородками (йоржисті змішувачі), розподільна чаша перед первинними відстійниками, а також трубопроводи, що підводять воду до відстійників при створенні в них достатньої турбулентності потоку і швидкості не менше 1 м/год. При змішенні стічної води з реагентами в трубопроводі довжина ділянки змішення повинна визначатися із умов втрати натиску в ньому 0,06-0,12 м.

У разі використання залізного купоросу в поєднанні з вапном або без нього рекомендуються аеровані змішувачі (за типом аерированих піскоуловлювачів), аеровані піскоуловлювачі або преаератори, які забезпечують переведення закису заліза в гідроксид. Час перебування в змішувачі в цьому випадку повинен бути не менше 7 хв., інтенсивність подачі повітря 0,7-0,8 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> оброблюваної води в хвилину, глибина змішувача 2-3,5 м. Для розподілу повітря слід використовувати аератори з дірчастих труб діаметром отвору близько 3 мм. Встановлюватися аератори повинні на відстані 10-15 см від дна змішувача.

#### *Відстійники*

Для виділення основної маси забруднень можуть бути використані відстійники будь-якого типу: вертикальні, горизонтальні, радіальні, освітлювачі з природною аерацією та ін. залежно від продуктивності станції.

Розрахунковий час перебування води у відстійниках будь-якого типу слід приймати відповідно до [1] (1,5 год.), швидкість осадження не повинна перевищувати 0,8-1 мм/с. Ефективність затримання завислих речовин треба приймати 75-85%, зниження БСК<sub>5</sub> - 60-75%, ХСК - 50-60%, розчинних фосфатів - 70-80%. Вологість осаду – 97,5-98,5%, об'єм осаду 0,8-1,6% об'єму оброблюваної води залежно від типу використовуваного реагенту і вмісту завислих речовин у вихідній воді.

При експлуатації відстійників необхідно систематично спостерігати за їх роботою, рівномірним гідравлічним навантаженням, чистотою водозливів і

лотків, стежити за накопиченням в них осаду і впливом його на процес освітлення, не допускати засмічення отворів підвідних і відвідних труб. При появі стабільного винесення пластівців з відстійника необхідно випустити осад з нього.

Практика реагентної обробки міських стічних вод показала, що вивантаження осаду з відстійника слід проводити не частіше за 1-2 рази на добу. Раз на рік відстійники необхідно повністю спорожнити і чистити.

Відстійна вода залежно від прийнятої схеми очищення подається на біологічні споруди (хіміко-біологічне очищення) або на фільтри у разі прямого фізико-хімічного очищення.

#### *Споруди біологічного очищення*

При використанні реагентів для інтенсифікації роботи споруд механічного очищення в технологічній схемі зберігається весь комплекс споруд біологічного очищення. Введення коагулянтів на першому етапі очищення дозволить одержати високу якість очищеної води за рахунок додаткового зниження вмісту органічних і завислих речовин, а також фосфору.

За економічними міркуваннями найдоцільніше застосування залізного купоросу, що є відходом при травлінні чорних металів сірчаною кислотою, а також при виробництві двоокису титану; такі відходи є практично на всіх металоброблювальних і металургійних заводах, а також на хімкомбінатах. При використанні залізного купоросу на діючих спорудах ефект очищення залежить від дози реагенту, тривалості відстоювання, вихідної концентрації забруднень стічних вод.

Як споруди біологічного очищення переважно використовувати аеротенки. Можливе використання біофільтрів і аерофільтрів.

Зміна складу відстійної стічної води в результаті попередньої коагуляції реагентами не робить негативного впливу на подальше біологічне очищення, що оцінюється за ефективністю її, швидкістю окислення органічних забруднень, станом і приростом активного мула та ін. Біологічне окислення органічних забруднень в аеротенках у цьому випадку відбувається в повній відповідності з встановленими раніше основними закономірностями процесу. Розрахунок і експлуатацію аеротенків, вторинних відстійників, мулозгущувачів слід проводити відповідно до [1]. Виділення основної маси забруднень в первинних відстійниках за допомогою реагентної коагуляції дозволяє (на існуючих спорудах) підвищити ступінь очищення в аеротенках при збереженні їх проектно потужності і приблизно в 2 рази скоротити приріст активного мула. При збереженні колишнього ступеня очищення попередня коагуляція дозволяє зменшити об'єм аеротенків на 30-50%, об'єм мулозгущувачів на 25-30%, скоротити витрату повітря на 15-25%.

#### *Фільтрувальні споруди*

Як фільтрувальні споруди передбачається використання гравієво-піщаних фільтрів з висхідним потоком води і водоповітряною промивкою або двошарових керамзит-піщаних фільтрів з водяною промивкою. Фільтри дозволяють понизити вміст завислих речовин на 98-99, БСК<sub>5</sub> до 80-85, ХСК до 75-80%.

При введенні реагенту перед фільтрами швидкість фільтрації при робочому режимі слід приймати 5-6 м/год. (замість 11-12 м/год. при безреагентному фільтруванні).

Видалення забруднень з фільтруючого завантаження здійснюють за допомогою триетапної водоповітряної промивки очищеною водою. Допускається також промивка водою, що пройшла повне біологічне очищення. Промивна вода поступає в спеціальний резервуар, що розраховується на прийом промивних вод не менше двох фільтрів. Далі промивні води рівномірно протягом доби перекачуються в канал перед піскоуловлювачами.

Загальні питання проектування фільтрів з висхідним потоком (визначення площі фільтрів, розрахунок і конструювання розподільних систем для збору і відведення очищеної і промивної води) повинні вирішуватися відповідно до вимог [2]. Розрахункові параметри фільтрів з висхідним потоком води приймаються: розрахункова швидкість фільтрації 6-8 м/год., форсована швидкість фільтрації 10 м/год. Тривалість фільтроциклу – 14-18 год. залежно від винесення суспензії з відстійників.

Завантаження фільтрів виконують з річкового піску і гравію. Висота і крупність її приймаються відповідно до даних табл. 1.1.

**Таблиця 1.1**

<b>Матеріал завантаження (знизу до верху)</b>	<b>Гранична крупність зерен</b>	<b>Висота слоя завантаження, мм</b>
Гравій	40-20	250
Гравій	20-10	150
Гравій	10-5	200
Пісок	5-2	300
Пісок	2-1,2	1300

Для подачі оброблюваної і промивної води влаштовується трубчаста розподільна система великого опору, що складається з колектора (або каналу) і відгалужень.

Розрахунок підвідних і відвідних комунікацій, а також розподільної системи повинен проводитися виходячи з можливості підвищення швидкості фільтрації до 15 м/год. Для попереднього розрахунку промивної системи можуть бути прийняті параметри водоповітряної промивки відповідно до табл. 1.2. Режим промивки може бути уточнений в процесі експлуатації споруд.

**Таблиця 1.2**

<b>Параметри</b>	<b>1 етап</b>	<b>2 етап</b>	<b>3 етап</b>
Тривалість, хв.	2-3	8-10	6-8
Інтенсивність подавання повітря, л/(с·м <sup>2</sup> )	18-20	18-20	-
Інтенсивність подавання води, л/(с·м <sup>2</sup> )	-	3-5	7

Розподільна система подачі води може виконуватися з чавунних, вінілпластових і сталевих труб, що укладаються строго горизонтально. Повітряна розподільна система, що складається також з колектора і відгалужень повинна розташовуватися посередині водяної системи безпосередньо у дна фільтра. При цьому колектор подачі повітря повинен бути розташованим вище за відгалуження.

Швидкість руху повітря в трубах, на виході з отворів розподільної системи, діаметр отворів, відстань між отворами, кут розташування отворів та ін. приймаються відповідно до вимог [2]. Для подачі повітря використовують труби з нержавіючої сталі або поліетилену. Їх укладають на дерев'яну або металеву прокладку і кріплять до неї хомути на гумових прокладках. Прокладки кріплять до днища.

Повітря в систему подається від повітродувки, тиск якої розраховується як сума тиску, необхідного на виході з отворів, і втрат тиску в розподільній системі і трубопроводах, що підводять. Тиск на виході з отворів приймається рівним подвійній висоті шару води у фільтрі, відлічуваній від його днища до дзеркала води.

Втрати тиску в розподільній системі і повітропроводах розраховують відповідно до вимог [2]. Орієнтовно величину втрат тиску можна прийняти 1,5 м. в. ст. Для вимірювання витрати повітря на загальному повітропроводі встановлюють вимірювальну діафрагму з діфманометром і вторинним приладом. Для вимірювання витрати очищеної води, швидкості фільтрації і інтенсивності промивки на подаючому трубопроводі кожного фільтра і спільному трубопроводі встановлюють вимірювальні діафрагми з вторинними приладами. Фільтри обладнують п'єзометричними трубками або приладами для вимірювання втрат тиску в розподільній системі і завантаженні. Для спорожнення фільтрів повинні бути передбачені спеціальні патрубки із засувками. Повинна бути також передбачена можливість огляду і прочищення труб розподільної системи. Галерею управління фільтрами і трубопроводу незалежно від кліматичних умов необхідно розташовувати в закритому приміщенні. Фільтри з висхідним потоком води в районах з розрахунковою температурою вище  $-300^{\circ}\text{C}$  можливо проектувати відкритими. У всіх інших кліматичних зонах, а також при спеціальних вимогах фільтри проектують в будівлі.

#### *Споруди для дезинфекції очищеної стічної води*

Дезинфекцію очищеної стічної води слід проводити рідким хлором або електролітичним гіпохлоритом натрію (на спорудах малої продуктивності). Доза хлора  $3 \text{ г/м}^3$ , залишкова доза хлора не повинна бути менше  $1,5 \text{ г/м}^3$  оброблюваної води. Хлорна вода або розчин гіпохлориту дозується в розподільний лоток контактних резервуарів.

Для поліпшення процесу змішення реагенту з водою лоток може бути обладнаний поперечними перегородками за типом йоржистого змішувача. Час контакту води з хлором і конструкцію контактних резервуарів приймають відповідно до [1].

Склади хлора, хлораторні установки, хлоропроводи, трубопроводи для хлорної води або електричне приготування гіпохлориду слід проектувати відповідно до [2].

При експлуатації апаратури в хлораторній слід дотримуватися всіх правил промислової санітарії. Приміщення хлораторної повинні бути забезпечені вентиляцією з 12-кратним обміном повітря, мати температуру 15-25°C. Приміщення повинні бути світлими і мати штучне освітлення.

*Споруди для обробки осадів, що утворюються при реагентній обробці*

Попередня коагуляція стічної води призводить до збільшення об'єму осаду в первинних відстійниках до 0,8-1,6% об'єму оброблюваної води залежно від якості вихідної води і типу використовуваного реагенту.

Візуально такий осад являє темну однорідну пластівцеподібну масу, складається з дрібнодиспергованих частинок, добре ущільнюється. В осаді, окрім органічних речовин, міститься значна кількість використовуваного реагенту. Осад, одержаний при коагуляції стічної води сірчанокислим залізом в поєднанні з ПАА, має вологість 98,5%, питомий опір  $R=200-400$  см/г. Осад, одержаний при коагуляції води залізним купоросом в поєднанні з  $Na_2CO_3$  і ПАА, має вологість 96,2%, зольність 47,27%, питомий опір  $R=236$  см/г. Осад, одержаний при коагуляції води сірчанокислим алюмінієм, має вологість 98,3-96,6%, зольність 32-38%, питомий опір  $R=180-300$  см/г.

При попередній коагуляції стічної води на станціях хіміко-біологічного очищення змінюється співвідношення між сирим осадом і активним мулом, оскільки кількість першого збільшується, а кількість другого зменшується.

Загальна кількість ущільненої суміші вологістю 97% складає 1,0-1,2% (на станції аерації 0,9%). Осад з первинних відстійників, а також суміш осаду і активного мула на станціях хіміко-біологічного очищення рекомендується перед зневодненням ущільнювати в мулозгущувачах, кількість яких необхідно приймати не менше двох. Розрахункова тривалість ущільнення повинна прийматися 6 год., вологість ущільненого осаду 95-96%.

### **3. Схеми очищення міських стічних вод з глибоким видаленням фосфору**

Сучасними дослідженнями встановлена провідна роль фосфору в розвитку процесів евтрофування. Загальновідомо, що фосфор є лімітуючим елементом цього процесу.

*Сполуки фосфору з міських стічних вод можуть бути видалені біологічним, хімічним і фізичним методами.*

Високий ступінь очищення досягається за допомогою електродіалізу, зворотного осмосу та іонного обміну. Проте в даний час застосування цих методів до міських стічних вод економічно невиправдано. Високу ефективність має хімічне очищення, але область застосування його із-за великої витрати коагулянтів, утворення великих мас осаду і недостатньої повноти вилучення органічних забруднень також обмежена.

При біологічному очищенні стічних вод зниження вмісту фосфору відбувається за рахунок використання його як поживної речовини при синтезі клі-

тинного матеріалу. Ефективність видалення фосфору залежить від умов протікання біологічного процесу. Зниження концентрації фосфору в аеротенках досягає 10-40%.

Враховуючи широке розповсюдження та високу ефективність біологічного очищення міських стічних вод, найбільш перспективним методом видалення сполук фосфору представляється поєднання його з реагентною обробкою.

Глибоке вилучення сполук фосфору при застосуванні коагулянту відбувається за рахунок видалення фосфатів в результаті хімічної взаємодії коагулянта з іонами  $\text{PO}_4^{3-}$  з утворенням нерозчинних сполук в результаті сорбції складних і нерозчинних форм фосфору пластівцями гідроксидів.

Оскільки утворювані в результаті хімічної взаємодії з коагулянтом нерозчинні сполуки фосфору випадають в осад, приріст мула збільшується приблизно на 1% на кожен 1 мг/л введеного коагулянту. Концентрація фосфору в мулі зростає з 5% при біологічному очищенні до 7-10% при біолого-хімічному.

При введенні в споруди біологічного очищення коагулянту останній частково витрачається і на вилучення легкоокислюваних органічних сполук, внаслідок чого БСК очищених стічних вод знижується з 8-10 мг/л при біологічному очищенні до 5-7 мг/л – при введенні коагулянту перед аеротенками і до 4-5 мг/л – при введенні коагулянту перед вторинним відстійником. Введення коагулянту впливає і на вилучення важкоокислюваних органічних сполук (ХСК). При цьому ступінь вилучення ХСК при одному і тому ж органічному навантаженні на мул тим більше, чим менша кількість коагулянту доводиться на грам беззольної речовини активного мула.

Рекомендовані схеми хіміко-біологічного очищення міських стічних вод з глибоким видаленням сполук фосфору представлені на рис. 1.1. Там же приведений ефект очищення, що досягається як за окремими етапами, так і за схемами в цілому.

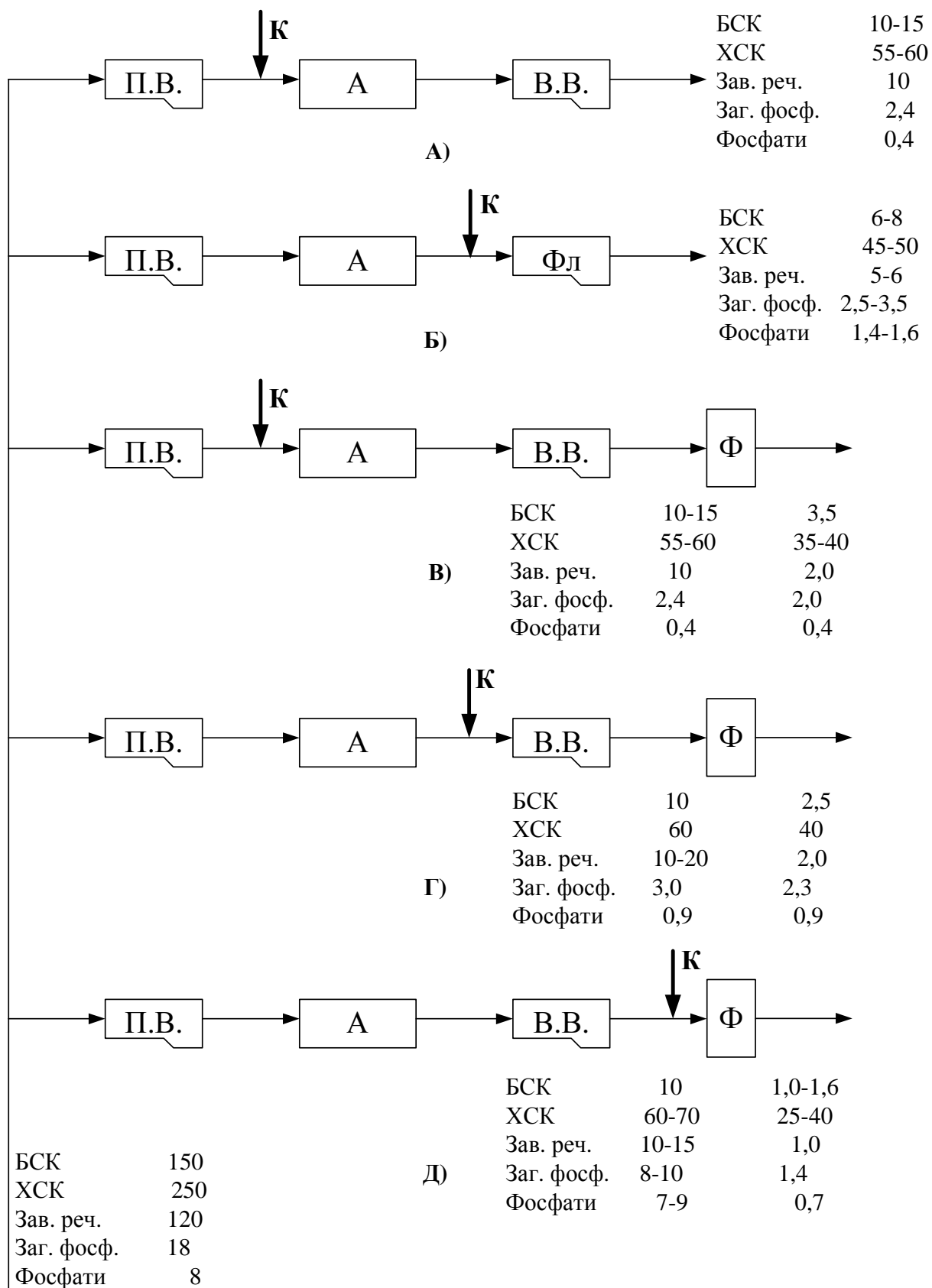
Подача 25 мг/л коагулянту перед аеротенком дозволяє видалити в цілому 98-99% суспензії, понизити БСК на 96-97%, ХСК - на 86%, вміст загального фосфору - на 90-94%. Безпосередньо на фільтрі затримується на 10-15% фосфору більше за рахунок підвищеного вмісту його в мулі.

При введенні перед вторинним відстійником 15 мг/л сірчаноокислого заліза в цілому видаляється 99% завислих речовин, 97-98% органічних сполук, що оцінюються за БСК, 85% - за ХСК і 67% загального фосфору.

Дещо більший ефект очищення досягається при подачі коагулянту безпосередньо перед фільтром. Коагулянт вводиться в біологічно очищену воду, тому його витрата знижується, але одночасно необхідно майже в 2 рази (до 6-7 м/год) зменшити швидкість фільтрації; тривалість фільтроциклу складає 8 годин.

При введенні 7-8 мг/л коагулянту перед фільтром досягається видалення завислих речовин на 99%, БСК на 99-99,5%, ХСК на 81-89%, загального фосфору - на 90%.





**Рис. 1.1 – Рекомендовані схеми очищення міських стічних вод з глибоким видаленням фосфору:**

П.В. – первинний відстійник; А – аеротенк; В.В. – вторинний відстійник;  
Фл – флотатор; Ф – фільтр; К – коагулянт

### **Контрольні запитання:**

1. Які реагенти можуть бути використані для обробки стічних вод?
2. Вкажіть точки введення реагентів в технологічній схемі очищення стічних вод.
3. Якими дозами вводяться реагенти при очищенні стічних вод?
4. Поясніть механізм дії реагентів, на якому засноване реагентне очищення стічних вод.
5. Які процеси включає реагентне очищення стічних вод?
6. Яка ефективність реагентного очищення стічних вод?
7. Які споруди для затримання плаваючих речовин застосовуються при реагентному очищенні стічних вод?
8. Які споруди передбачаються для приготування розчинів реагентів при очищенні стічних вод?
9. Які застосовуються пристрої змішувачів при реагентному очищенні стічних вод?
10. Який режим роботи відстійників при реагентному очищенні стічних вод?
11. Як працюють споруди біологічного очищення при реагентній обробці стічних вод?
12. Як експлуатуються фільтрувальні споруди при реагентному очищенні стічних вод?
13. Як здійснюється дезинфекція очищеної стічної води?
14. Які споруди застосовуються для обробки осадів, що утворюються при реагентному очищенні стічних вод?
15. Якими способами можуть бути видалені сполуки фосфору з міських стічних вод?
16. Опишіть механізм видалення фосфору при реагентному очищенні стічних вод.
17. Яка ефективність реагентного видалення фосфору з міських стічних вод?

### **Тема 2. Фізико-хімічні методи обробки стічних вод**

- 1. Механізм дії мінеральних коагулянтів і синтетичних флокулянтів.**
- 2. Характеристика фізико-хімічних методів обробки стічних вод.**
- 3. Технологічна схема очищення стічних вод з використанням освітлювальних, адсорбційних й іонообмінних фільтрів і її компонувальні рішення.**
- 4. Технологічні схеми обробки міських стічних вод із застосуванням фізико-хімічних методів очищення.**

## **1. Механізм дії мінеральних коагулянтів і синтетичних флокулянтів**

У міських стічних водах (суміші побутових і виробничих) містяться мінеральні (глина, пісок, окалина, сажа, сульфати, хлориди, солі важких металів) і органічні (білкові речовини, вуглеводи, жири, масла, нафтопродукти, синтетичні поверхнево-активні речовини) забруднення. *Біогенні елементи* - сполуки азоту і фосфору знаходяться в стічних водах в органічній і неорганічній формі.

Усі перераховані забруднення можуть знаходитися в грубодисперсному (осідаючи під дією сили тяжіння), колоїдному і розчиненому станах.

Велика частина органічних забруднень міських стічних вод знаходиться в грубодисперсному (15-20%) і колоїдному (50-60%) стані. Як правило, колоїдні забруднення негативно заряджені, агрегативно і кінетично стійкі і тому не можуть бути виділені з води в процесі відстоювання або флотації. Для підвищення ефективності очищення від грубодисперсних і колоїдних забруднень використовують мінеральні коагулянти. Останніми роками стали застосовувати також синтетичні флокулянти самостійно або в поєднанні з коагулянтами (солями алюмінію й заліза) і вапном.

При введенні в стічні води мінеральних коагулянтів відбувається їх гідроліз, ступінь і характер якого залежать від властивостей стічної води (рН, лужності, сольового складу та ін.) і концентрації самого коагулянту.

Для прискорення утворення крупних пластівців, швидшого й повнішого відділення їх від води застосовують синтетичні флокулянти. Синтетичні флокулянти належать до класу лінійних полімерів, добре розчинних у воді.

Механізм дії флокулянтів полягає в утворенні ними з частинками колоїдів і суспензій тривимірних структур, здібних до швидшого і повнішого відділення від рідкої фази. Збільшуючи міцність пластівців, флокулянти перешкоджають їх руйнуванню при перемішуванні стічних вод в камерах утворення пластівців. У зв'язку з цим при застосуванні флокулянтів для утворення найбільш щільних й крупних пластівців та руйнування первинних структур потрібні вищі градієнти швидкості і триваліше перемішування води.

Катіонні флокулянти, на відміну від аніонних і неіонних, можна використовувати для видалення із стічних вод органічних колоїдних забруднень та осадження високодисперсних домішок самостійно, без використання інших реагентів.

Розчинені органічні забруднення міських стічних вод, на частку яких припадає приблизно 20%, характеризуються різноманіттям компонентів і малим вмістом більшості з них. Вивчення складу розчинених органічних забруднень (методом фракціонування на іоннообмінній целюлозі) показало, що 62-66% сполук відносяться до кислотної групи, 28,4-34,0% - до нейтральної і 8,2-9,6% - до основної.

У процесі коагуляції солями заліза або алюмінію і відстоювання відбувається видалення розчинених органічних забруднень, що відносяться до основної групи, на 68-70%, до нейтральної - на 58-62%, кислотної - на 10-23%. В ці-

лому в процесі коагуляції внаслідок адсорбції на частинках гідроксидів видаляється 30-40% розчинених органічних речовин.

Сполуки фосфору, що знаходяться в розчиненому стані, в процесі коагуляції утворюють слабозчинні фосфати кальцію і випадають в осад. Складні і нерозчинні форми фосфору віддаляються шляхом сорбції на пластівцях гідроксидів.

Видалення солей важких металів відбувається шляхом сорбції та соосадження їх гідроксидів, повнота якого залежить від рН стічної води і властивостей самих металів, а також шляхом адсорбції їх на поверхні пластівців, що утворюються.

Таким чином, в процесі коагуляції і відстоювання із стічних вод можуть бути досить повно видалені не тільки завислі речовини, але і органічні колоїдні забруднення, зокрема деякі розчинені забруднення, що мають поверхнево-активні властивості, сполуки фосфору, солі важких металів та ін. Коагуляція і відстоювання практично неефективні відносно видалення амонійного азоту.

## **2. Характеристика фізико-хімічних методів обробки стічних вод**

Для здійснення фізико-хімічного очищення води давно використовують такі способи, як *перегонку і ректифікацію, абсорбцію та адсорбцію, іонний обмін, мембранні методи, екстракцію* та ряд інших фізико-хімічних, хімічних, фізичних і механічних методів. Ці методи більшою мірою доцільно застосовувати для обробки виробничих стічних вод. У той же час вони можуть бути використані для глибокого очищення міських стічних вод.

При **іонообмінному очищенні** для вилучення з води катіонів застосовують катіоніти, що перебувають у Н-, Na- або NH<sub>4</sub>-формі. Очищення води від аніонів здійснюють за допомогою аніонітів в OH-, HCO<sub>3</sub>- або Cl-формі. Якщо спочатку катіоніт повністю перебував у Н-формі, то всі катіони, наявні у воді, після обміну на йони водню будуть затримані шаром катіоніту, а йони водню перейдуть у фільтрат, надаючи йому кислої реакції. При цьому кислотність фільтрату відповідатиме сумі концентрацій всіх катіонів, що містились у воді до фільтрування. Якщо в цій воді є аніони **HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>**, то значення рН фільтрату зумовлюється концентрацією аніонів **HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>** і значенням першої константи дисоціації карбонатної кислоти. Наприклад, при  $C_{\text{HCO}_3^-} = 10^{-3}$  і  $K_{\text{HCO}_3^-} = 10^{-7}$  рН фільтрату дорівнюватиме 5. Якщо у воді до фільтрування аніонів **HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>** немає, а сума концентрацій катіонів становить  $10^{-3}$ , то рН фільтрату дорівнюватиме 3.

На практиці під час очищення води якість роботи Н-катіонітового фільтра контролюють за кислотністю або концентрацією катіона Na<sup>+</sup> у фільтраті, оскільки завдяки найменшій константі обміну ці йони рухатимуться по шару попереду всіх, а їх максимальна концентрація дорівнюватиме загальній концентрації катіонів у воді до фільтра. При наближенні концентраційного фронту катіонів Na<sup>+</sup> до нижніх шарів Н-катіонітового фільтра вони з'являються у фільтраті, і

стадія роботи Н-катіонітового фільтра на цьому закінчується. Фільтр відключають при появі катіонів  $\text{Na}^+$  у фільтраті в заданій концентрації.

У разі використання Na-катіонітових фільтрів контролюють, як правило, один з основних технологічних показників - жорсткість, яка спочатку знижується, потім триматиметься на рівні можливостей аналітичного визначення, а далі почне зростати, коли концентраційний фронт йонів жорсткості наблизиться до нижніх шарів йоніту.

Процес ОН-аніонування на сильноосновному аніоніті являє собою обмін усіх йонів, що містяться у воді для обробки, на ОН-йон, який знаходиться в йоніті. Фільтр, завантажений сильноосновним аніонітом в ОН-формі, розміщують, як правило, після Н-катіонітового фільтра. Таке розміщення зумовлене як наміром змістити рівновагу дисоціації в потрібний бік, так і вимогою не допустити в процесі роботи осадження всередині та на поверхні зерен аніоніту часточок гідроксиду магнію, які могли б з'явитися у фільтраті Н-катіонітового фільтра, якщо його завантаження не було цілком відрегеноероване. Так, якщо в процесі ОН-аніонування на сильноосновному аніоніті сумарна концентрація аніонів у воді до обробки дорівнює  $10^{-3}$ , рН фільтрату становить 11, що може спричинити випадання йонів магнію у вигляді гідроксиду, якщо вони містяться в концентрації до  $10^{-6}$ . Випадання твердої фази на поверхні йоніту закриває доступ йонам, які обмінюються, що знижує якість йонування.

У процесі роботи йонітового фільтра під час переходу йоніту з однієї форми в іншу відбувається зменшення діаметра його часточок, унаслідок чого порозність шару йоніту зменшується, а гідравлічний опір зростає. Крім того, при багаторазовому стисканні та розширенні в ході експлуатації йоніти з малою осмотичною міцністю стають дрібнішими. Ці часточки, потрапляючи в проміжки між зернами завантаження фільтра, також спричинюють зменшення порозності шару та збільшення його гідравлічного опору. Тому після завершення стадії роботи здійснюють спущування фільтруючого шару, внаслідок якого відбувається перебудова шару йоніту з щільного в більш пухкий і одночасно вилучаються подрібнені часточки.

Відновлення здатності відпрацьованого йоніту до обміну йонів після спущування здійснюють регенерацію. Тривалість стадії регенерації завжди менша порівняно зі стадією роботи; чим більша різниця в часі перебігу цих стадій, тим краще з технологічного погляду організовано процес очищення.

Після закінчення регенерації виконують відмивання йонітів. У процесі відмивання з йонітів видаляються як продукти регенерації, так і регенеруючі агенти. Як правило, процес відмивання йоніту розпочинають безпосередньо після пропускання регенеруючого агенту, коли частина останнього ще залишається у фільтрі. Процес відмивання (промивання) контролюють за концентрацією регенеруючого агенту у промивній воді.

Режим кожної операції слід вибирати таким чином, щоб забезпечити потрібну якість очищеної води. Крім того, мають бути забезпечені надійність та економічність роботи установки очищення. З метою оптимізації режиму роботи йонітових фільтрів потрібно виконати розрахунки їх роботи. Одним з основних показників, що характеризують процес фільтрування, на йонітових фільтрах, є

швидкість пропускання оброблюваної води через вільний переріз фільтра, тобто швидкість фільтрування.

У практиці очищення стічних вод від розчинених органічних речовин **адсорбційні методи** здебільшого використовують для:

а) глибокого доочищення промислових і міських стічних вод та отримання технічної води з біологічно очищених стічних вод;

б) локального очищення стічних вод, які утворюються в окремих цехах або внаслідок здійснення будь-яких технологічних операцій;

в) централізованого фізико-хімічного очищення стічних вод, які не піддаються біологічному очищенню.

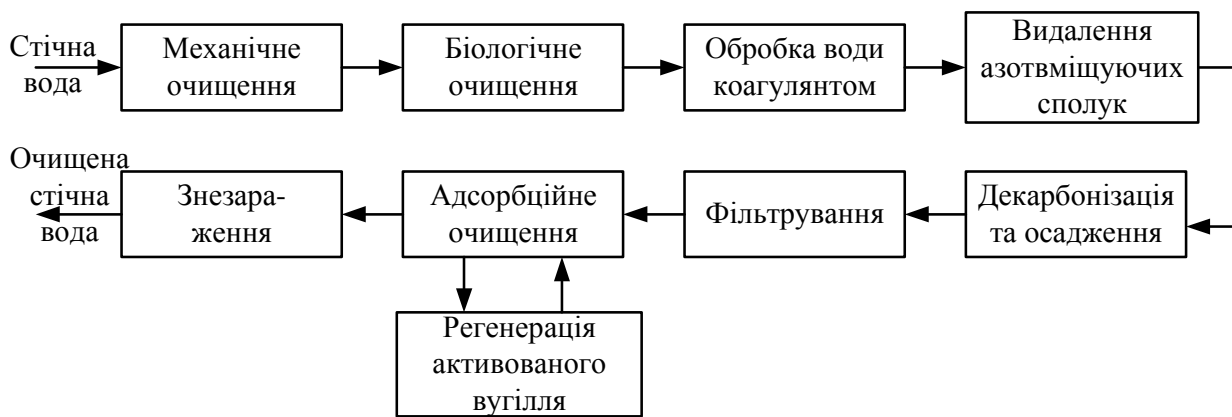
У технологічних схемах першої групи під час глибокого доочищення стічних вод та отримання технічної води з біологічно очищених стічних вод процеси адсорбції використовують для підготовки води до стадії йонообмінного коригування мінерального складу з метою зниження ХСК стічних вод до 8-10 гО<sub>2</sub>/м<sup>3</sup>.

Технологічні схеми адсорбційного очищення другої групи пов'язані з створенням локальних очисних споруд, розміщених у вузлових місцях формування найбільш концентрованих та відносно монокомпонентних стічних вод у загальній системі відведення стічних вод підприємства. Технологічні схеми централізованого фізико-хімічного очищення стічних вод з використанням процесів адсорбції, які належать до третьої групи, призначені для очищення води від органічних сполук, що не можуть подаватися на біологічне очищення через свою токсичність. Такими, наприклад, є стічні води, що містять барвники, поверхнево-активні речовини, пестициди, хлорорганічні сполуки тощо.

Тенденція широкого використання активованого вугілля для глибокого очищення промислових та міських стічних вод в останні роки значно зросла, особливо в промислово розвинених країнах. На станціях глибокого доочищення біологічно очищених стічних вод передбачена попередня обробка води вапном для виділення основної маси колоїдних органічних сполук та аміаку, рекарбонізація та осадження карбонату кальцію, фільтрування крізь фільтри із зернистим завантаженням. Далі йде адсорбційне очищення води активованим вугіллям для максимального вилучення низькомолекулярних розчинених забрудників та знезараження води хлором або іншим методом. Спрощена принципова технологічна схема такої установки наведена на рис. 1.2.

Для адсорбційного очищення стічних вод на різних установках використовують апарати з рухомим, нерухомим або псевдорідким шаром, а також цілі комплекси споруд для очищення води порошкоподібним активованим вугіллям. Застосування того чи іншого виду апаратного оформлення адсорбційного процесу, як і методу регенерування відпрацьованого активованого вугілля, може вносити певні зміни у послідовність окремих технологічних операцій, але загалом технологічна схема глибокого доочищення стічних вод не зазнає істотних змін.

Якість отриманої очищеної води дає змогу застосовувати її для різних виробничих цілей, підживлення систем оборотного водопостачання промислових підприємств, а також для сільськогосподарського зрошення.



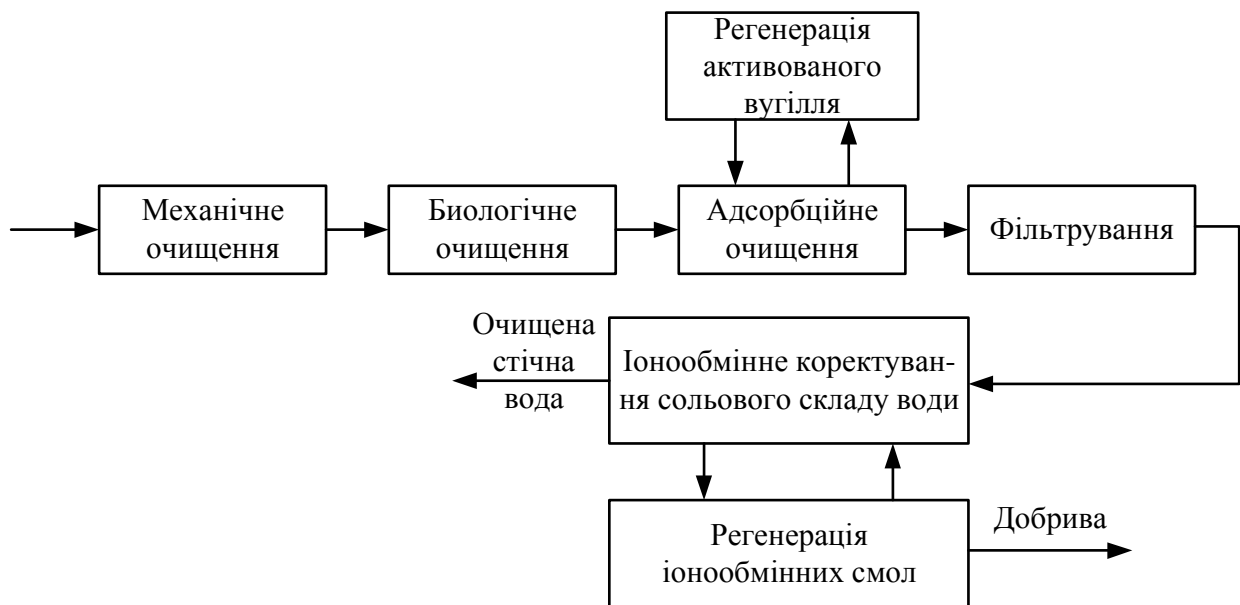
**Рис. 1.2 - Технологічна схема установки глубокого очищення стічних вод з використанням адсорбційних методів вилучення органічних забрудників**

Найчастіше в промисловості реалізують схеми оборотного водопостачання, в яких вода не забруднюється, а підігріта в теплообмінних апаратах охолоджується на градирнях, у бризкальних басейнах чи інших пристроях і знову повертається в теплообмінники. При цьому вода багаторазово і послідовно зазнає фізико-хімічного впливу (випаровується, підігрівається, охолоджується, втрачається під час випарювання тощо) і поступово стає більш мінералізованою. Внаслідок цього стабільність оборотної води порушується, вода стає корозійно-активною або здатною до відкладання мінеральних солей. Тому для поповнення втрат оборотної води та відновлення її якості системи оборотного водопостачання отримують підживлювальну воду. При цьому для запобігання підвищенню загального солевмісту в оборотній воді застосовують «продування» системи, тобто скидання частини оборотної води у водойму. Однак з економічного та екологічного погляду доцільніше створювати системи замкненого водопостачання (тобто такі, що працюють без «продування») на основі повторного використання глибоко очищених та частково знесолених стічних вод.

Усунути продувальне скидання води з оборотних систем і перетворити тим самим систему оборотного водопостачання на замкнену, а також отримати технічну воду, придатну для будь-яких промислових потреб, дають змогу адсорбційно-іонообмінні установки доочищення стічних вод, схема однієї з яких наведена на рис. 1.3.

Ця схема включає такі етапи обробки води: адсорбційне доочищення біологічно очищених стічних вод, яке забезпечує зниження ХСК до 8-16 г О<sub>2</sub>/м<sup>3</sup>; вилучення з очищеної води пилу активованого вугілля та інших завислих речовин відстоюванням та фільтруванням; Н-катіонування адсорбційно очищеної води для вилучення з неї катіонів жорсткості; зменшення вмісту іонів лужних металів та амонію; віддування оксиду карбону (IV) з Н-катіонованої води в дегазаційних колонах; ОН-аніонування води для вилучення аніонів сульфатів, фосфатів, зниження вмісту хлоридів та нейтралізації кислотності Н-катіонованої води.

Безвідходність процесу підготовки підживлювальної води з біологічно очищених стічних вод забезпечується багаторазовим регенеруванням активовано-



**Рис. 1.3 - Технологічна схема адсорбційно-іонообмінної установки доочищення стічних вод**

ного вугілля та використанням для регенерування йонообмінних смол концентрованих розчинів нітратної кислоти та аміаку замість звичайних розбавлених розчинів сульфатної кислоти та гідроксиду натрію. Така заміна реагентів разом з порційною технологією регенерування йонообмінних фільтрів дає змогу утилізувати відпрацьовані регенераційні розчини у вигляді добрив.

**Екстракція** - це фізичний метод розділення компонентів гомогенної суміші, що ґрунтується на неоднаковому рівноважному розподілі компонентів між двома фазами, які утворюються в разі введення допоміжного розчинника - екстрагента. Під час екстракції розчинник повинен перебувати в рідкому стані.

Суміш, що підлягає екстракційному розділенню, в загальному випадку може бути газоподібною, твердою або рідкою. Якщо екстракція відбувається з газоподібного середовища, такий процес називають фізичною абсорбцією. Екстракцію твердої речовини рідким розчинником прийнято називати вилуженням. Коли екстракційному розділенню підлягає рідкий розчин, то процес називають рідинною екстракцією, або просто екстракцією. В цьому разі обидві фази, між якими відбувається масообмін, є рідкими. Отже, очищення стічних вод за допомогою екстрагентів є процесом рідинної екстракції.

Розділення стічної води на компоненти екстракційним методом принципово можна здійснити двома способами:

- 1) екстрагуванням розчиненої речовини (або групи однотипних речовин) з води;
- 2) екстрагуванням води з розчину.

Традиційна екстракція - це вилучення із стічних вод розчинених у них речовин, масова частка яких у вихідному розчині значно менша. Цей процес економічно більш доцільний, і тому саме його широко використовують на практиці.



Другий спосіб - екстрагування води з розчину, як, наприклад, випарювання, може забезпечити універсальніше розділення стічних вод на очищену воду і суміш забруднювальних речовин. Відомо багато органічних розчинників, здатних вибірково екстрагувати воду з розчинів органічних і неорганічних сполук. До них належать вторинні і третинні аміни, їхні суміші. Результатами закордонних і вітчизняних досліджень підтверджено, що такий екстракційний процес досить ефективний для демінералізації і комплексного очищення високозабруднених промислових вод, наприклад, целюлозно-паперового виробництва, і навіть для регенерації води з продуктів життєдіяльності людини. Однак екстрагування води потребує циркулювання в системі очищення значного об'єму екстрагента, що разом з токсичністю найселективніших органічних розчинників робить промислове застосування цього процесу проблематичним.

Екстракційний метод широко застосовують для очищення промислових стічних вод від органічних домішок, особливо тих, що мають технічну цінність. Принцип методу полягає в тому, що під час змішування двох рідин - стічної води та органічного розчинника (екстрагента), які обмежено розчиняються або практично не розчиняються одна в одній, утворюються дві рідкі рівноважні фази - екстракт (органічна фаза), в якому концентрується речовина або група однотипних речовин, що вилучаються, і рафінат (водна фаза), тобто вода, з якої деякою мірою вилучено екстраговані компоненти. Екстракт і рафінат розділяються гравітаційною сепарацією або іншими механічними способами. Сконцентрована в екстрагенті речовина далі відділяється від розчинника і використовується як додатковий товарний продукт або утилізується у виробництві. Звільнений від екстрагованої речовини екстрагент знову подають для очищення стічних вод. Частина екстрагента, що розчиняється в рафінаті або виноситься з ним під час сепарації, виділяють з рафінату найчастіше відгонкою водяною парою і повертають для подальшого використання. Отже, принципова схема екстракційного очищення стічних вод складається з таких головних стадій:

- власне екстрагування, яке полягає в змішуванні вихідної води та екстрагента з подальшим розділенням органічної і водної фаз;
- вилучення екстрагованої речовини з органічної фази і регенерація основної маси розчинника;
- видалення і регенерація решти розчинника з водної фази (очищеної води).

Зазвичай процесу екстрагування передуює підготовка стічної води, яка полягає в очищенні її від емульгованих та суспендованих домішок, у разі потреби - коригуванні рН та ін. Незважаючи на досить складну схему екстрагування та інші недоліки процесу (постійне циркулювання в системі значного об'єму розчинника, неминуча втрата частини екстрагента і потреба його відшкодування), екстракційний метод очищення успішно конкурує з іншими методами, а іноді є незамінним для глибокого вилучення із стічних вод окремих компонентів. Рідинну екстракцію застосовують у тому разі, коли методи безпосереднього розділення розчину (тобто без використання допоміжних речовин) непридатні. Втім, порівняно з деякими прямими методами, такими як ректифікація, випарювання, екстракція має вагому перевагу - низьку робочу температуру основного процесу, який найчастіше проводиться за кімнатної температури. Крім то-

го, для екстрагування можна підібрати високоселективний екстрагент, який за хімічними властивостями відрізняється від компонентів вихідного розчину, і завдяки цьому добитися повнішого розділення суміші, ніж іншими методами. За допомогою рідинної екстракції можна розділяти компоненти стічної води за їхньою хімічною природою, а не за фізичними властивостями, що часто забезпечує високу ефективність цього процесу, особливо в разі вилучення зі стічних вод окремих цінних речовин. У разі видалення зі стічних вод летких речовин екстракція має перевагу над ректифікацією тоді, коли у вихідному розчині містяться близько киплячі компоненти або компоненти з невеликою відносною леткістю. Наприклад, ацетатну кислоту зі стічних вод доцільніше вилучати екстрагуванням, а не ректифікацією, оскільки, незважаючи на досить велику різницю температур кипіння води і кислоти, їхня відносна леткість мала.

До основних *мембранних процесів*, що нині успішно використовують для розділення рідинних систем, у тому числі й очищення вод, належать: *зворотний осмос, нанофільтрування, ультрафільтрування, мікрофільтрування, діаліз, первапорація, мембранна дистиляція, електродіаліз* та ін.

У будь-якому з перелічених мембранних процесів розчин, що підлягає розділенню, обов'язково контактує з напівпроникною мембраною з одного її боку. Внаслідок напівпроникності мембрани розчин, що проходить крізь неї, збагачується на один із компонентів (як правило, розчинником - водою). Часом процес відбувається настільки ефективно, що отриманий фільтрат практично не містить домішок. Водночас, використовуючи той чи інший мембранний процес, можна отримати в розчині над мембраною концентрат без домішок речовин, здатних проникати крізь мембрану.

Рушійною силою мембранних процесів є різниця з обох боків мембрани: робочого тиску в так званих баромембранних процесах (зворотний осмос, ультрафільтрування, нанофільтрування, мікрофільтрування); парціального тиску пари розчинника (води) в мембранній дистиляції й первапорації; концентрації розчиненої речовини в діалізі; електричного потенціалу в електродіалізі.

### **3. Технологічна схема очищення стічних вод з використанням освітлювальних, адсорбційних та іонообмінних фільтрів, її конпонувальні рішення**

Фізико-хімічний метод очищення стічних вод заснований на послідовному видаленні з води завислих, колоїдних і розчинених речовин. Очищена стічна вода знезаражується хлором і скидається у водоймище або, враховуючи високу якість очищення, може бути використана в промводопостачанні.

Розглянемо як приклад схему, за якою конпонування очисних споруд було здійснено таким чином:

- хіміко-механічне очищення: грати-дробарки, піскоуловлювачі, усереднювач, освітлювачі й контактні резервуари розміщуються на відкритому повітрі;

- всі ступені фільтрів, споруди підготовки і регенерації вугілля, блок сушки осаду і зневоднення піску, адміністративно-побутові приміщення,

лабораторія, майстерня, склад, диспетчерський пункт об'єднані в одній будівлі - виробничо-адміністративному корпусі.

Для створення оптимальних умов роботи комплексу фізико-хімічного очищення без гідравлічних перевантажень як по кількості, так і по концентрації забруднень, а також зменшення об'ємів споруд, в схемі передбачений усереднювач.

Для глибокого освітлення стічних вод від грубодисперсних домішок використовують метод коагуляції. Як реагенти можуть бути використані сірчаноокислий алюміній, хлорне або сірчаноокисле залізо, або промислові відходи, що містять солі алюмінію.

Для реагентного освітлення стічних вод застосований освітлювач, який дозволяє використовувати принципово нову технологію обробки стічних вод - видалення забруднень методом контактної коагуляції у завислому шарі осаду.

Для видалення із стічних вод дрібнодисперсних завислих речовин в схемі передбачена фільтрація через завантаження з кварцевого піску. Для цієї мети після освітлювачів запроєктовані механічні горизонтальні однокамерні фільтри.

Для адсорбційного очищення від розчинених органічних речовин передбачено два ступені фільтрів із завантаженням з активованого вугілля.

При необхідності зниження концентрації сполук азоту в очищеній стічній воді до 1-5 мг/л в схемі очисних споруд передбачається установка іонообмінних фільтрів із завантаженням природними цеолітами.

Достатньо високий ступінь очищення забезпечується фізико-хімічним очищенням вже на першому ступені - після реагентного освітлювача, а адсорбція на активному вугіллі дозволяє значно підвищити витягання із стічних вод розчинених органічних забруднень і одержати очищену стічну воду, яка може бути використана в промводопостачанні.

За даною схемою для затримання крупних домішок застосовані грати. Для затримання піску застосовані два горизонтальні піскоуловлювачі з круговим рухом стічних вод. Пісок віддаляється гидроелеваторами на установку для відмивання і зневоднення піску, розташовану у виробничо-адміністративному корпусі.

Оскільки в пропонованій схемі очисних споруд первинні відстійники відсутні, то для затримання плаваючих речовин застосована спеціальна камера. Збір плаваючих речовин здійснюється шляхом підняття рівня води в камері за допомогою донного клапана. Плаваючі речовини разом з водою потрапляють в лоток, що примикає до камери, а з нього самоплив поступають на спеціально передбачений майданчик.

Для усереднювання стічних вод як по кількості, так і за якістю в схемі передбачений усереднювач. Завдяки йому спрощується автоматизація введення реагенту (його дозування) в стічні води, а також зменшується об'єм споруд.

Для первинного освітлення стічних вод застосовують освітлювачі, видалення забруднень в яких відбувається за методом контактної коагуляції у завислому шарі осаду.

Обробка стічних вод оптимальними дозами реагенту і подальше їх освітлення протягом 60-90 хв. дозволяє досягти ефекту очищення за завислими

речовинами до 95-97%, а за БСК<sub>5</sub> - до 80-85%. Такий ефект звичайно досягається на станціях неповного біологічного очищення. В той же час за такими показниками як ХСК, фосфати, більшість токсичних речовин, ПАР ефект очищення перевершує максимально можливий ефект повного біологічного очищення.

Коагуляція стічної рідини проводиться сірчаноокислим алюмінієм. Оптимальна доза по Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> складає 30 мг/л, але можна використовувати будь-який інший мінеральний коагулянт.

Освітлювач є прямокутним резервуаром з конічним днищем. Усередині резервуару є ряд перегородок, які ділять його на декілька зон: змішення, реакції, завислого шару, освітленої води, ущільнення осаду і циркуляції завислого шару. Циркуляція завислого шару здійснюється за допомогою стислого повітря, для чого є відповідна аераційна зона.

Змішення стічної рідини з розчином реагенту і циркулюючим осадом здійснюється в змішувачі, утвореному двома вертикальними перегородками, встановленими в центральній частині освітлювача. Стисле повітря для перемішування подається через фільтросні плити.

Збір освітленої рідини здійснюють за допомогою лотків, які встановлюють на стінках освітлювача за віссю споруди. Для рівномірного збору води на стінці лотка встановлені трикутні водозливи. Відведення води з лотка здійснюється трубопроводом.

Осад після реагентної обробки стічних вод надходить в мулозгущувач, що примикає до освітлювача.

У виробничо-адміністративному корпусі розміщені: всі ступені фільтрів (кварцеві, вугільні і при необхідності іонообмінні), устаткування для підготовки і регенерації вугілля, блок сушки осаду і зневоднення піску, адміністративно-побутові приміщення, лабораторія, майстерня, склад матеріалів і диспетчерський пункт.

Оскільки стічна вода після реагентних освітлювачів має ще досить високі забруднення і особливо мінеральну суспензію після коагуляції стічних вод, що знижуватиме ефект адсорбції (погіршується адсорбційна здатність вугілля в результаті накопичення залишкових забруднень на його поверхні) і замулювання пор, то з метою ефективнішого видалення забруднень із стічних вод і економії активного вугілля перед вугільними фільтрами розміщуються кварцеві фільтри.

Застосування кварцевих фільтрів дозволяє зменшити кількість промивок вугільних фільтрів і разом з тим стирання вугілля і його винесення з водою.

З метою виключення анаеробних процесів в фільтрі перед водною промивкою передбачене повітряне продування. Продування здійснюється стислим повітрям від повітродувок через нижній розподільний пристрій. Після закінчення продування подача повітря припиняється і подається промивна вода з резервуару технічної води.

Для вилучення залишкових розчинених і особливо стійких органічних речовин стічна вода після кварцевих фільтрів поступає на вугільні фільтри.

Одержані результати досліджень НДКТІ МГ показали, що висота шару вугілля, яке гарантує стабільність якості води на виході, складає 5 м і встановлено, що адсорбційна ємкість вугілля заповнюється нерівномірно по висоті фільтру. Для забезпечення нормального режиму експлуатації нижчих шарів верхній шар вугілля повинен своєчасно і постійно виводитися на регенерацію. У зв'язку з цим верхній шар необхідно відокремити (конструктивно) від нижніх шарів. Таким чином, фільтр по висоті ділиться на два ступені. Висота шару завантаження вугілля у фільтрах кожного ступеня складає 2,5 м. Як адсорбційне завантаження використовується активне вугілля марки АГ-3.

Для запобігання утворенню в фільтрі анаеробних зон, збільшення терміну служби активного вугілля і насичення відфільтрованої рідини киснем передбачена аерація шару рідини над завантаженням фільтрів 1-го ступеня.

Режим промивки для КО і ШФ аналогічний. Є лише різниця в часі промивки і в її інтенсивності. Проте напрям потоків промивної води і повітря співпадають. Стисле повітря по спеціальному трубопроводу подається в піддренажний простір під перекриття і витісняє промивну воду з міждонного простору. Надходження повітря в ковпачки (а потім в завантаження) починається тоді, коли нижня межа шару стислого повітря досягне верху щілини на хвостовій частині ковпачка. Верх щілин у всіх ковпачках повинні бути на одному рівні.

У процесі очищення стічних вод від забруднень сорбційна ємкість активного вугілля частково або повністю виснажується.

Відновлення адсорбційних властивостей вугілля проводиться в печі регенерації.

З фільтру водовугільна пульпа насосом-дозатором подається на зневоднення. Для зневоднення пульпи прийняті стрічкові вакуум-фільтри. Зневоднене вугілля вологістю 30% завантажується в печі на регенерацію. Регеноване вугілля з печі через вакуум-бункер поступає в гідромішалку, де з додаванням води з розрахунку 10 л на 1 кг вугілля виходить водовугільна пульпа. Ця пульпа насосами-дозаторами подається у фільтр.

Зневоднення і дегельмінтизація одержаного осаду здійснюється у вакуум-сушильній установці.

Застосування вакуумної сушки дозволяє спростити технологічну схему обробки осаду, зводить до мінімуму багатостадійність процесу, одержати зневоднений і дегельмінтизований продукт, що містить корисні для сільськогосподарських рослин речовини (азот, фосфор, ряд мікроелементів). Крім того, одержаний сухий осад може бути використаний не тільки як добриво, але і як паливо для котельних очисних споруд.

Для вилучення із стічних вод амонійного азоту запроектовані іонообмінні фільтри із завантаженням з цеолітів. Як завантаження застосовуються цеоліти закарпатського родовища, що представляють природний іонообмінний матеріал. Розмір фракції роздробленого цеоліту повинен бути 1-2 мм.

Обмінна ємкість цеоліту за амонійним азотом рівна 0,4 г-екв/кг; швидкість фільтрування – 5 м/год.; висота шару завантаження – 1,5 м.

Тривалість роботи фільтрів до виведення на регенерацію рівна 5,7 діб. Регенерація завантаження проводиться 5% розчином NaCl. Питома витрата солі на регенерацію цеоліту складає 0,14 г на 1 мг амонійного азоту. Регенераційний розчин пропускається через шар завантаження із швидкістю 4 м/год.

У станції розміщено необхідне для технологічних і власних потреб очисних споруд насосне устаткування, турбоповітродувки та центрифуги. Оскільки в насосно-повітродувній станції розташовані різні групи насосів, то до будівлі примикають резервуари різного призначення:

- резервуар освітлених стоків;
- резервуар технологічної води;
- резервуар промканалізації;
- резервуар фугату і спорожнення споруд;
- резервуар ущільненого осаду;
- резервуар центрифугованого осаду;
- баки-сховища, розчинів реагенту.

Для освітлення стічних вод в освітлювачах як реагенти можуть бути застосовані різні види неорганічних коагулянтів – сірчаноокислий алюміній, хлорне або сірчаноокисле окисне залізо, відходи промислових підприємств.

У проекті прийнятий для використання сірчаноокислий алюміній. Доза реагенту за активним продуктом  $Al_2O_3$  складе 30 мг/л або в перерахунку на технічний продукт, що містить 16,1%  $Al_2O_3$  – 190 мг/л. Доставка реагенту прийнята автотранспортом, зберігання – мокре в баках. Концентрований розчин коагулянта (30%-ний концентрації) насосами, встановленими в насосному відділенні, подається у витратні баки, де концентрація доводиться до 15%-ної.

Дезинфекція очищеної води передбачена рідким хлором. Розрахункова доза активного хлора – 3 г/м<sup>3</sup>. Хлорна вода подається в змішувач типу лотка Паршала, де відбувається змішення зі стічною водою і потім в контактні резервуари для контакту хлора зі стічною рідиною.

У контактні резервуари подається повітря. Продування очищеної стічної води повітрям сприяє кращому перемішуванню води з хлором і служить для додаткового витягання ПАР з очищеної води.

#### ***4. Технологічні схеми обробки міських стічних вод із застосуванням фізико-хімічних методів очищення***

Розглянемо деякі технологічні схеми обробки стічних вод із застосуванням фізико-хімічних методів очищення. Основні вимоги, що пред'являються до такого роду схем, – ефективність очищення і економічність проектів каналізаційних очисних споруд, відповідність сучасним вимогам охорони навколишнього середовища.

На рис. 1.4, 1.5 і 1.6 представлені можливі комплекси очисних споруд продуктивністю 10 тис. м<sup>3</sup> в добу із застосуванням фізико-хімічних методів глибокого очищення побутових і близьких за складом забруднень промислових стічних вод, включаючи очищення від азотистих і фосфорних сполук, при наступних вихідних даних і вимогах:

- концентрація забруднень, що поступають на очищення стічних вод за БСКповн – до 500 мг/л, за ХСК - 700 мг/л, за завислими речовинами - 500 мг/л, за загальним фосфором - 20 мг/л, за загальним азотом - 50 мг/л;

- концентрація забруднень очищених стоків не повинна перевищувати за БСКповн і завислими речовинами - 8 мг/л, ХСК - 50 мг/л, загальним фосфором - 20 мг/л, загальним азотом - 25 мг/л;

- забезпечення заходів щодо обробки осаду, що утворюється.

Дані технологічні схеми істотно відрізняються одна від одної, проте можна відзначити і певні паралелі в характері і послідовності основних технологічних операцій.

Після попереднього видалення крупнодисперсних домішок і піску передбачаються коагуляція і гравітаційне освітлення стічних вод. Стічні води в процесі освітлення звільняються не тільки від осідаючих завислих частинок, але і від колоїдних забруднень, а також від частини розчинених органічних забруднень.

Метою цього етапу очищення є зняття залишкових завислих і розчинених забруднень. Це досягається шляхом поєднання фільтрації через зернисте завантаження (видалення завислих частинок) і адсорбції розчинених забруднень.

Фільтрація здійснюється на фільтрах з піщаним завантаженням, на каркасно-засипних фільтрах або безпосередньо в адсорбційних установках, завантажених зернистим сорбентом. Адсорбція проводиться або до фільтрації, або після неї з використанням як сорбент активованого вугілля або роздробленого керамзиту.

Окислення сорбованих забруднень передбачається біологічним шляхом або термічною деструкцією з виведенням сорбенту з процесу.

Останньою стадією очищення у всіх випадках є видалення амонійного азоту, яке відбувається двома різними шляхами: іонообмін на природному цеоліті або каталітичне окислення на активованому вугіллі з попереднім переведенням амонійних сполук в хлораміни за рахунок хлорування великими дозами.

Знезараження стічних вод здійснюється з використанням рідкого хлора.

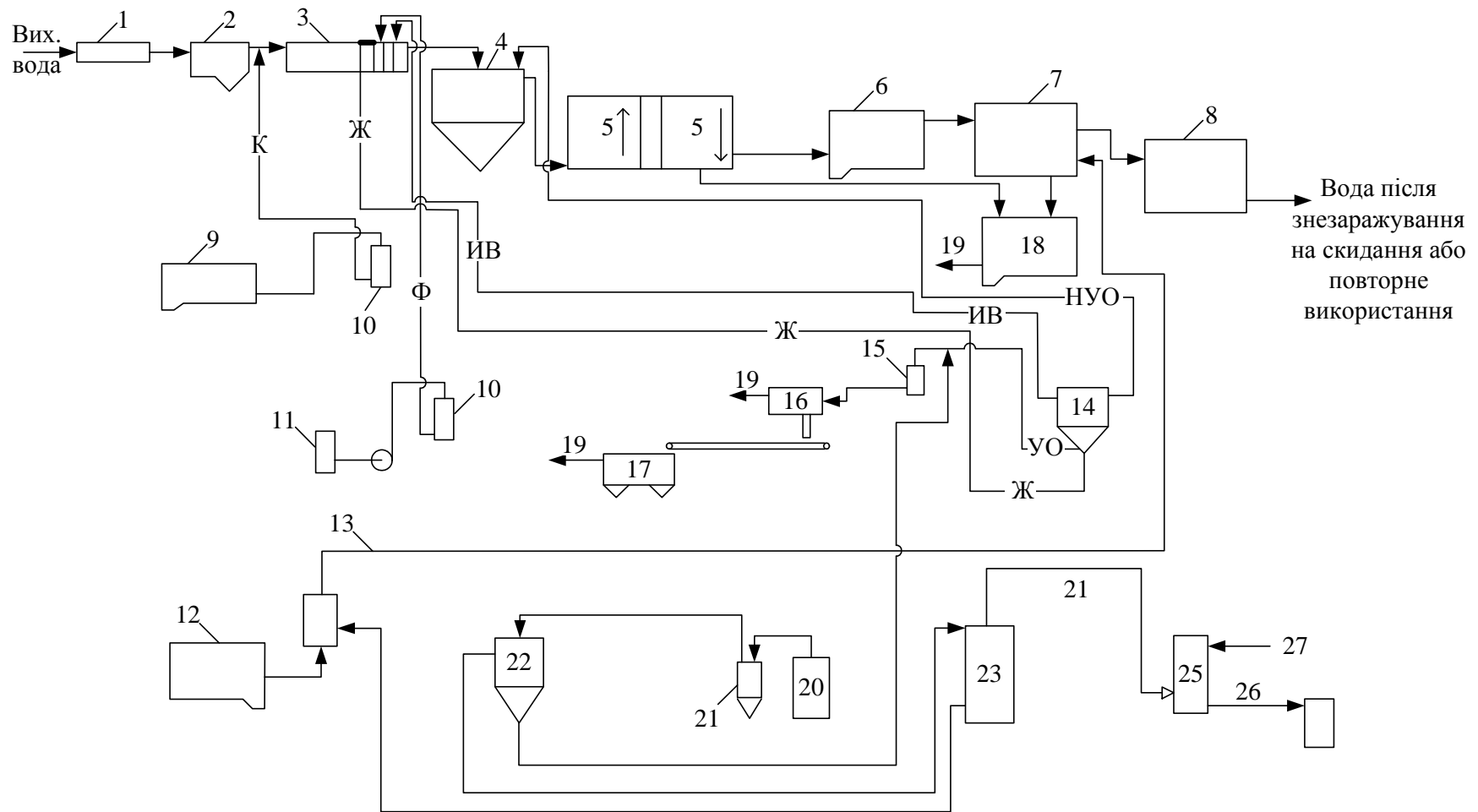
У схемі очищення стічних вод, наданій на рис. 1.4, передбачені такі споруди: послідовно встановлені вертикальні й самоскидаючі струнні грати, піскоуловлювачі, камера змішення стічних вод з реагентами, відстійники з тонкошаровими блоками, фільтри з піщаним завантаженням, фільтри з керамзитовим завантаженням, контактні резервуари й іонообмінні фільтри, завантажені кліноптилолітом.

У цілях захисту тонкошарових відстійників та завантаження фільтрів від кольматації крупними частинками грати запроектовані в два послідовні ступеня.

На першому ступені встановлені вертикальні грати з прозорами 16 мм, на другому ступені - самоскидаючі струнні грати з прозорами 10 мм.

Піскоуловлювачі запроектовані тангенціального типу.

Камера змішення виконана у вигляді аерированого каналу. На початку камери в стоки вводиться розчин залізного купоросу, в кінці- розчин поліакри



**Рис. 1.4**

К – розчин коагулянту; Ф – розчин флокулянту; Ж – жиропровід; МВ – мулова вода; УО – ущільнений осад; НУО – неущільнений осад; 1 – ґрати; 2 – піскоуловлювач; 3 – камера змішення; 4 – відстійник тонкошаровий з вбудованою камерою утворення пластівців; 5 – фільтри з піщаним і керамзитовим завантаженням 6 – резервуар фільтрованої води; 7 – фільтр з цеолітовим завантаженням; 8 – контактний резервуар; 9 – резервуар розчину залізного купоросу; 10 – витратні баки реагентів; 11 – приготування розчину флокулянту ПАА; 12 - резервуар для кухонної солі 13 – регенераційний розчин кухонної солі; 14 – осадкоушільнювач; 15 – ґрати; 16 – центрифуга; 17 – бункер осаду; 18 – резервуар для збору промивної води фільтрів; 19 – в голову споруд; 20 – бак їдкового натрію; 21 – змішувач; 22 – відстійник регенераційного розчину; 23 – градирня; 24 – аміачно-повітряна суміш; 25 – абсорбер; 26 – аміачна вода; 27 – технічна вода



ламіду. У цій же камері передбачено видалення плаваючих речовин, що виділилися із стоків.

Відстійники прийняті з тонкошаровими блоками і вбудованою камерою утворення пластівців коловоротного типу. Вода з камери поступає в нижню частину відстійників. Тонкошарові блоки розташовані в їх верхній частині, тому через них проходить вода, з якої вже виділилися крупні частинки. Відстань між полицями блоків 100 мм, кут їх нахилу  $60^\circ$ . Осад з полиць сповзає проти руху води в приямок, звідки ерлифтами подається в осадкоущільнювач.

З відстійників вода самопливом поступає на фільтри з піщаним завантаженням, які призначені для затримання пластівців, що не осіли, і залишкових забруднень. Напрямок фільтрації - від низу до верху, промивка фільтрів - водопо-вітряна.

Очищення стоків від розчинених органічних сполук передбачене на фільтрах з керамзитовим завантаженням. Для створення в завантаженні аеробних умов і стійкої біологічної плівки стічну воду заздалегідь насичують киснем повітря шляхом аерації верхнього шару води над завантаженням. Система аерації виконана з поліетиленових труб з отворами, направленими вгору.

Після фільтрів з пористим завантаженням вода самопливом поступає в контактні резервуари.

Для зниження концентрації загального азоту до 5 мг/л вся вода шнековими насосами подається в резервуар фільтрованої води, вона самопливом поступає на іонообмінні фільтри, завантажені кліноптилолітом. Фільтрація здійснюється зверху вниз.

Очищена вода знезаражується хлором в контактних резервуарах і може бути скинута у водоймище або повторно використана для промислових цілей.

Завантаження іонообмінних фільтрів, що вичерпало обмінну здатність, регенерують 10% розчином хлористого натрію, двічі пропускаючи його через шар завантаження. Перед регенерацією завантаження фільтрів розпушують зворотним потоком води, а після регенерації відмивають її фільтрованою водою.

Для відновлення і повторного використання відпрацьованого регенераційного розчину, що містить іони амонія, його підлужують каустичною содою в змішувачі і перемішують. Із змішувача розчин солі поступає у відстійник, де від нього відділяється осад карбонату кальцію і гідроокису магнію, який насосом подають на центрифуги для обробки спільно з осадом з осадкоущільнювача.

Відстоєний розчин солі подається на вентиляторну градирню, де з нього видаляється аміак. Вільний від аміаку розчин повторно використовується для регенерації кліноптилолітового завантаження, а аміак поглинається водою в абсорбері. Аміачна вода може бути використана в сільському господарстві як добриво.

Пісок з піскоущільнювача ерлифтами подається в бункер для піску. Осад з осадкоущільнювача зневоднюється на центрифугах.

Мулова вода від осадкоущільнювача, зливна вода від бункерів, фугат від центрифуг і вода після промивки фільтрів подаються в голову споруд.

Проектом передбачена така компоновка очисних споруд.

На відкритому майданчику розміщені камера змішення, піскоуловлювачі, бункери для піску, відстійники, осадкоущільнювачі і контактні резервуари.

У адміністративно-виробничій будівлі розташовані грати, центрифуги, насосно-повітродувне відділення, відділення реагентного господарства, хлордодаторна, лабораторія, а також адміністративно-побутове приміщення і майстерня дрібного ремонту.

До адміністративно-виробничої будівлі примикає блок фільтрів, в якому об'єднані три ступеня фільтрів (зокрема іонообмінні фільтри), резервуари фільтрованої води і відпрацьованої промивної води. У галереї управління встановлені насоси промивної і технічної води, а також насоси відкачування відпрацьованої промивної води.

Таке блокування основних виробництв дало можливість раціонально розмістити споруди на генплані, скоротити протяжність внутрішньомайданчикових мереж і доріг, зменшити розміри майданчика.

За схемою, показаною на рис. 1.5, очищення стоків від крупних суспензій і піску передбачене на гратах-дробарках і аерированих піскоуловлювачах тангенціального типу.

Для видалення із стічних вод дрібнодисперсних завислих речовин запроектовані відстійники з тонкошаровими блоками. В цілях скорочення глибини відстійників і для інтенсифікації сповзання осаду з поверхні полиць застосована установка вібраторів. Кут нахилу полиць при цьому прийнятий  $20^\circ$  замість звичайних  $60^\circ$ . Перед первинними відстійниками в стічні води вводиться коагулянт - сірчаноокисле залізо і флокулянт ВА-2.

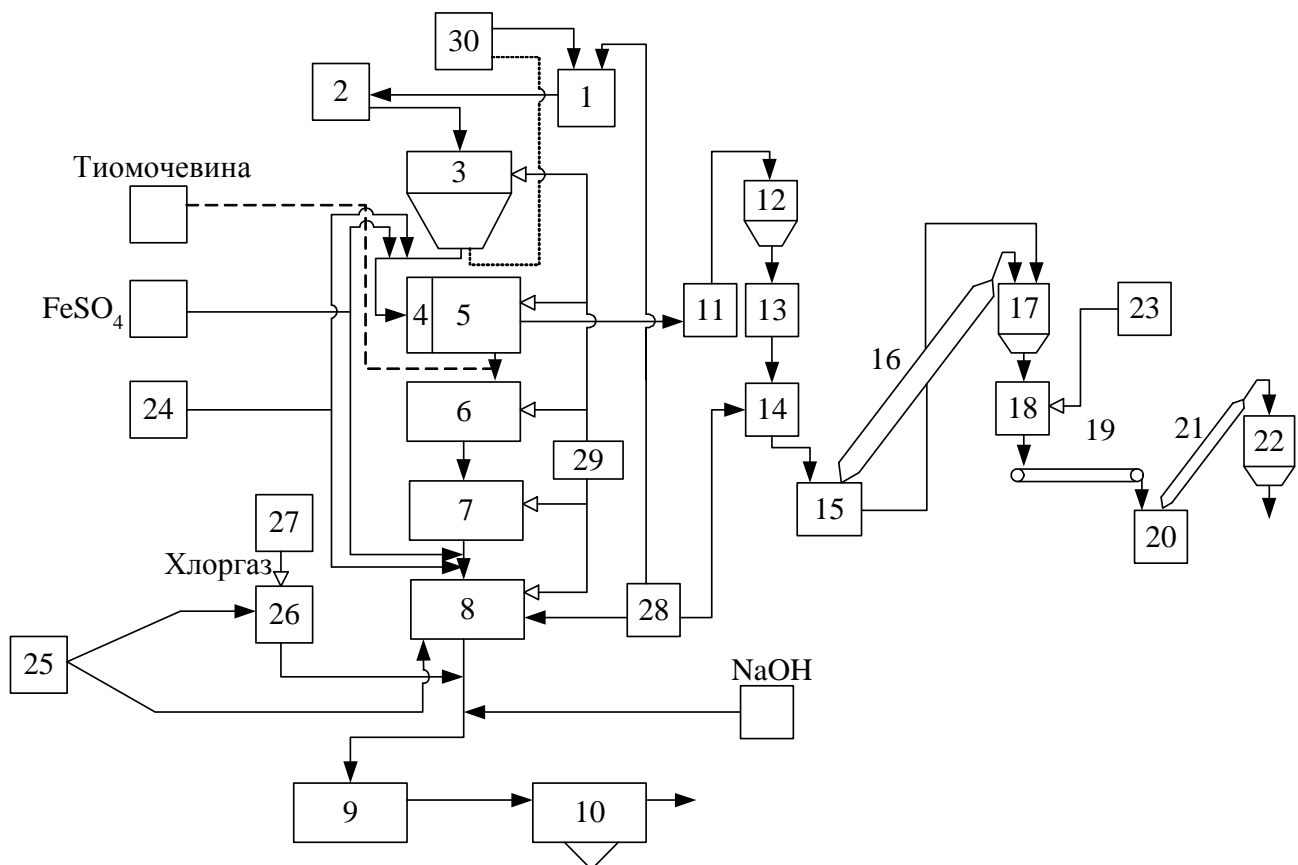
Очищення стоків від розчиненої частини органічних забруднень, фосфору і частково від сполук азоту передбачена в адсорберах з безперервною деструктивною регенерацією сорбенту. Адсорбери запроектовані у вигляді відкритих залізобетонних ємкостей, в яких гранульоване активоване вугілля підтримується в завислому стані, а регенерація вугілля здійснюється мікроорганізмами, що утворюються на його поверхні.

Підтримка завантаження у завислому стані і одночасне насичення води киснем, необхідним для життєдіяльності мікроорганізмів, забезпечується десятиразовою рециркуляцією води за допомогою ерлифтів. Обробка води на цих спорудах передбачена в два ступені.

Перед адсорберами в стоки вводиться  $0,5$  мг/л тіомочевини для подавлення нітрифікації. При цьому процес регенерації сорбенту мікроорганізмами відбувається без виділення азотистовмісних речовин.

Подальше очищення стічних вод передбачене на каркаснозасипних фільтрах з попередньою реагентною обробкою води сірчаноокислим залізом і флокулянтном ВА-2.

Для зниження вмісту загального азоту у воді до  $5$  мг/л застосований метод хлорування води з подальшим каталітичним окисленням оксидами активного вугілля утворених монохлорамідів до вільного азоту. У проекті цей ступінь очищення складається з контактних резервуарів, установки хлорування великої потужності і адсорберів з активованим вугіллем.



**Рис. 1.5**

- 1 – приймальна камера; 2 – ґрати-дробарки; 3 – аеровані піскоуловлювачі;  
 4 – камера утворення пластівців; 5 – багатоярусний відстійник; 6, 7 – адсорбери з безперервною деструктивною регенерацією сорбенту, 1 і 2 ступінь;  
 8 – каркасно-засипні фільтри; 9 – контактні резервуари; 10 – адсорбери;  
 11 – резервуар сирого осаду; 12 – приймальний резервуар; 13 – фільтр сітчастий; 14 – центрифуга; 15 – резервуар для осаду; 16 – живильник шнековий;  
 17 – бункер для осаду; 18 – вакуум-гребкова сушарка; 19 – транспортер стрічковий; 20 – ємкість для осаду; 21 – живильник шнековий; 22 – бункер розвантажувальний; 23 – котельня; 24 – установка для приготування розчину флокулянту; 25 – резервуар технічної води; 26 – установка для отримання хлорної води; 27 – хлораторна; 28 – резервуар виробничої і побутової каналізації;  
 29 – трубоповітрودувка; 30 – бункер для піску

Хлорування води здійснене за наступною схемою: 20% загальної кількості води пропускається через ежектори, де вона змішується з газоподібним хлором і подається в контактний резервуар для змішення з рештою води.

Подача газу хлора від випарників до ежектора відбувається під вакуумом, що забезпечує надійність і безпеку роботи системи.

Відходи, що не дробляться в ґратах-дробарках, видаляються періодично при чищенні камер і вивозяться на звалище.

Пісок з піскоуловлювачів подається гидроелеваторами в бункер, з якого вивозиться у відвал, і дренажна вода від бункерів подається в голову споруд.

Осад з відстійників самопливом поступає в резервуар сирого осаду, звідки насосами подається в цех обробки осаду.

У даному проекті розглянуті дві схеми обробки осаду.

За першою схемою осад зневоднюється на динамічних сітчастих фільтрах, а фугат з них подається на зневоднення в центрифуги. Зневоднений осад з фільтрів і центрифуг шнеком подається в бункер і з нього на вакуум-гребкові сушарки. Висушений осад за системою транспортерів поступає в розвантажувальний бункер осаду.

За другою схемою вакуум-гребкових сушарок передбачено спалювання осаду в печі киплячого шару.

Фугат від центрифуг подається в аеровані піскоуловлювачі.

Компоновка споруд вирішена таким чином. Приймальна камера, грати-дробарки і аеровані піскоуловлювачі розміщуються на відкритому майданчику і примикають до блоку споруд фізико-хімічного очищення.

У блоці фізико-хімічного очищення розташовані: камера утворення пластівців, відстійники, адсорбери I і II ступенів, каркасно-засипні фільтри, контактні резервуари, адсорбери для очищення від загального азоту і галерея обслуговування.

У блоці виробничих і побутових приміщень знаходяться цех зневоднення і сушки осаду з вбудованими службовими і побутовими приміщеннями, насосно-повітродувна станція, реагентне господарство, котельня і електроприміщення.

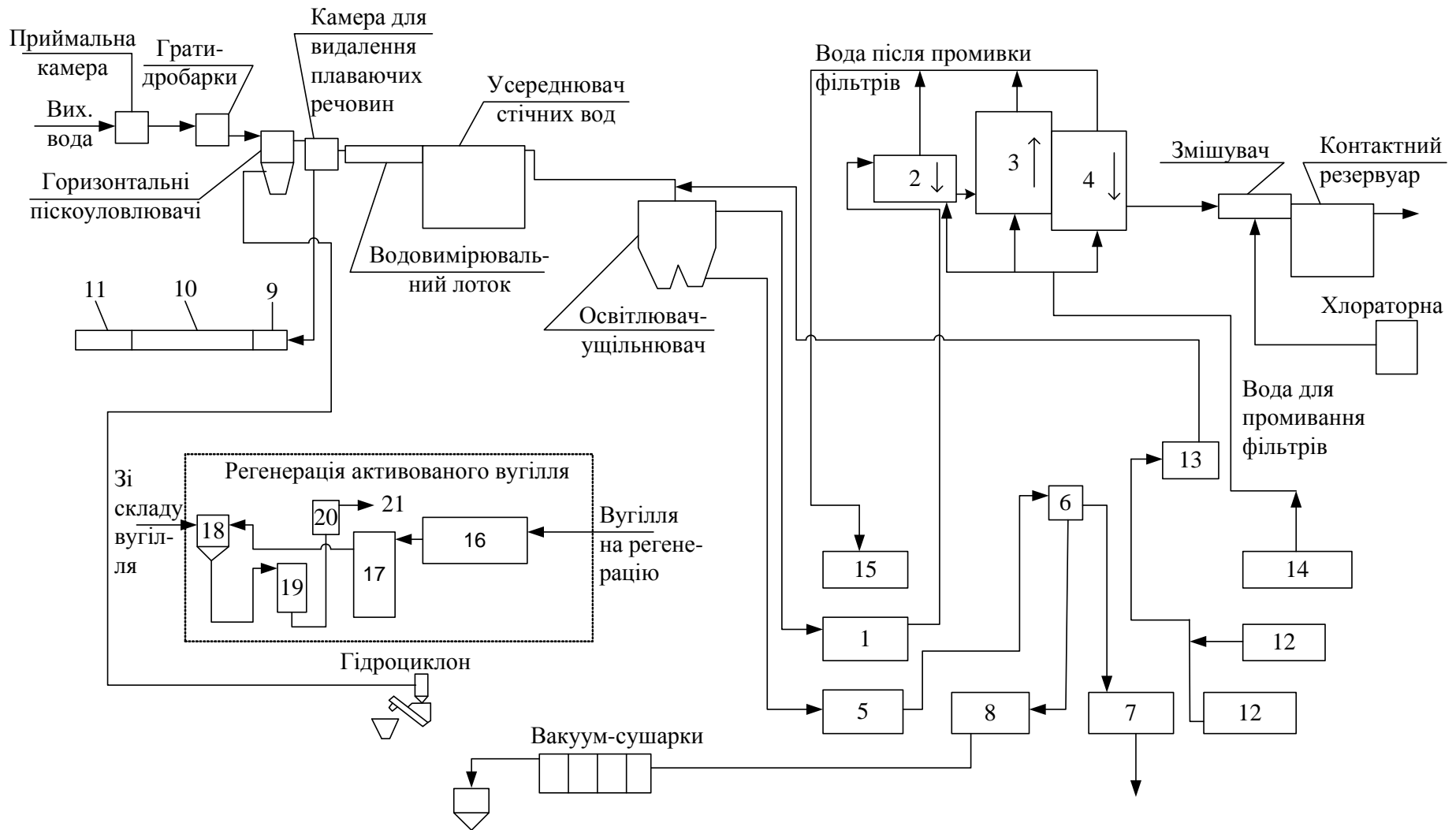
На майданчику передбачені хлораторна, бункери для піску і резервуари різного призначення.

За схемою, показаною на рис. 1.6, для затримання крупних забруднень і піску запроектовані грати-дробарки і горизонтальні піскоуловлювачі.

Далі стічні води поступають в аерований усереднювач, а з нього в освітлювачі, видалення забруднень в яких передбачене методом контактної коагуляції у завислому шарі осаду. Як коагулянт прийнятий сірчаноокислий алюміній.

Освітлена вода поступає в резервуар, а з нього насосами подається на механічні горизонтальні однокамерні фільтри, завантажені кварцевим піском. Напрямо фільтрації стоків зверху вниз. У цілях виключення анаеробних процесів у завантаженні фільтрів передбачене продування її повітрям перед промивкою. Для затримання дрібнодисперсних забруднень і пластівців, що не осіли, запроектовані фільтри.

Очищення стоків від розчиненої частини органічних забруднень передбачене на фільтрах із завантаженням з активованого вугілля. Фільтри запроектовані в два ступеня. Перший ступінь типу контактних освітлювачів з напрямом фільтрації від низу до верху; другий ступінь типу швидких фільтрів з напрямом фільтрації зверху вниз. Для запобігання утворенню анаеробних зон у фільтрі та насичення відфільтрованої води киснем перед промивкою фільтрів передбачене продування завантаження повітрям і аерація шару води над завантаженням фільтрів першого ступеня. Для відновлення адсорбційних властивостей вугілля передбачені печі регенерації. Перед подачею в печі вугілля зневоднюється на стрічкових вакуум-фільтрах.



**Рис. 1.6**

1 – резервуар освітлених стоків; 2 – кварцеві фільтри; 3,4 – адсорбційні фільтри 1 і 2 ступеня; 5 – резервуар ущільненого осаду; 6 – центрифуги; 7 – резервуар фугату і спорожнення споруд; 8 – резервуар центрифугованого осаду; 9 – майданчик для плаваючих речовин; 10 – майданчик для складування висушеного піску; 11 – майданчик для складування зневодненого піску; 12 – баки-сховища, розчинів реагенту; 13 – витратні баки реагенту; 14 – резервуар технічної води; 15 – резервуар промканалізації; 16 – стрічкові вакуум-фільтри; 17 – печі регенерації активованого вугілля; 18 – вакуум-бункери; 19 – сепаратор; 20 – дозатори; 21 – регеноване активоване вугілля

Очищення стічних вод від загального азоту запроектоване на іонообмінних фільтрах із завантаженням з кліноптилоліту. Регенерація завантаження проводиться розчином хлористого натрію.

Знезараження стічних вод передбачене хлором.

Пісок з піскоуловлювачів гідроелеваторами подається на установку для відмивання і зневоднення, що складається з гідроциклона, бункера і шнека.

Осад з освітлювачів поступає в ущільнювачі, після чого зневоднюється на центрифугах і висушується у вакуумних сушарках.

Фугат після центрифуг повертається в ущільнювач. Зливна вода від ущільнювачів, гідроциклона і промивні води від фільтрів подаються в голову споруд.

Компонування очисних споруд передбачається таким чином: гратидробарки, піскоуловлювачі, усереднювач, освітлювачі і контактні резервуари розміщені на відкритому майданчику; всі ступені фільтрів, споруди підготовки і регенерації вугілля, блок сушки осаду і зневоднення піску, адміністративно-побутові приміщення, лабораторія, майстерня, склад, диспетчерський пункт об'єднані в одній будівлі - виробничо-адміністративному корпусі; насоси різного призначення, повітродувки, відділення реагентного господарства і устаткування зі зневоднення осаду об'єднані в будівлі насосно-повітродувної станції.

Розглядаючи окремі етапи технологічних схем фізико-хімічного очищення з погляду перспективності їх впровадження в практику проектування, необхідно враховувати як ефективність і економічність процесів, так і простоту і надійність їх оформлення.

У цьому відношенні найбільш прийнятним представляється фізико-хімічне очищення за такою схемою: грати - піскоуловлювачі - камери змішення і утворення пластівців - відстійники - фільтри із зернистим завантаженням - фільтри з пористим завантаженням - знезараження. Ця схема вимагає мінімальної кількості реагентів, достатньо стійка проти дії токсичних домішок в стічних водах і забезпечує необхідний ступінь очищення при найменшому об'ємі споруд.

### ***Контрольні запитання:***

1. Навіщо застосовуються коагулянти і флокулянти при очищенні стічних вод?
2. У чому полягає механізм дії коагулянтів і флокулянтів?
3. Які фізико-хімічні методи можуть бути застосовані для очищення стічних вод?
4. Як відбувається іонообмінне очищення стічних вод?
5. Навіщо здійснюють регенерацію іонітів?
6. З якою метою використовують адсорбційні методи при очищенні стічних вод?
7. Опишіть технологічну схему установки глибокого очищення стічних вод з використанням адсорбційних методів.
8. Опишіть адсорбційно-іонообмінну установку доочистки стічних вод.
9. Як здійснюється метод екстракційного очищення стічних вод?
10. З яких стадій складається процес екстракційного очищення стічних вод?
11. Які мембранні методи можуть використовуватися для очищення стічних вод?

вод?

12. Опишіть технологічну схему очищення стічних вод з використанням освітлювальних, адсорбційних і іонообмінних фільтрів.
13. З якою метою застосовуються освітлювальні фільтри в схемі фізико-хімічного очищення стічних вод?
14. Як і навіщо здійснюється промивка освітлювальних і сорбційних фільтрів?
15. Опишіть технологічну схему фізико-хімічного очищення стічних вод, що включає освітлювальні і іонообмінні фільтри.
16. Опишіть технологічну схему фізико-хімічного очищення стічних вод, що включає обробку води на адсорберах з безперервною деструктивною регенерацією сорбенту.
17. Опишіть технологічну схему фізико-хімічного очищення стічних вод, що включає обробку води в освітлювачах із завислим осадом, на адсорбційних і іонообмінних фільтрах.

### **Тема 3. Методи очищення поверхневих стічних вод. Ефективність очищення поверхневих вод від органічних забруднень і завислих речовин**

- 1. Відстоювання. Конструкції різних типів відстійних споруд.**
- 2. Фільтрування поверхневого стоку.**
- 3. Біологічна доочистка поверхневого стоку.**
- 4. Приклади використання поверхневого стоку в системах технічного водопостачання.**

#### ***1. Відстоювання. Конструкції різних типів відстійних споруд***

Відстоювання є одним з основних методів виділення із стічних вод осідаючих і спливаючих механічних домішок. Ефективність роботи відстійників обумовлена наступними основними чинниками, залежними від седиментаційних властивостей завислих речовин:

- гідравлічна крупність частинок;
- концентрація суспензії;
- гранулометричний склад;
- схильність до утворення пластівців;
- електрокінетичні явища та ін.

Основною характеристикою завислих частинок стічних вод при розрахунку відстійних споруд є їх *гідравлічна крупність*, яка залежить від багатьох параметрів: розміру, щільності і концентрації частинок, їх електричних зарядів і адсорбційних властивостей, в'язкості і щільності рідини, висоти зони відстоювання та ін. Наявні теоретичні і емпіричні формули для визначення гідравлічної крупності частинок в основному справедливі для осадження одиночних кулястих частинок. Наявні формули не враховують цілого ряду чинників, властивих

завислим частинкам стічної води: форма частинок, їх концентрація і полідисперсність, здатність агломерувати та ін. Надійним способом визначення гідравлічної крупності нерозчинених домішок стічних вод є експеримент. При цьому розрахункова гідравлічна крупність визначається за кінетикою відстоювання стічної води в статичних умовах.

Поверхневий стік є надзвичайно нестабільною полідисперсною системою із значними коливаннями складу і концентрації забруднень. При цьому седиментаційні властивості поверхневого стоку, залежать від місця відбору проб, витрати стоку, тривалості його утворення і протікання та ін.

На підставі вивчення кінетики відстоювання дощових і талих вод Харкова був розрахований ефект освітлення залежно від тривалості відстоювання для висоти зони осадження 2 м. Дані про ефект освітлення, одержані ВНДІВО, приведені табл. 1.3.

**Таблиця 1.3 – Залежність ефекту освітлення від тривалості відстоювання**

<b>Тривалість відстоювання, год.</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>12</b>	<b>24</b>
Ефект освітлення, %:						
мінімальний	15	30	40	60	70	80
середній	45	53	60	68	78	85
максимальний	65	75	78	80	80	90

Пропорційно ефекту освітлення знижується вміст речовин, виражених ХСК. При тривалості відстоювання 1-2 доби ефект зниження вмісту завислих речовин і показника ХСК коливається від 80 до 90%, а показника ХСК<sub>20</sub> від 60 до 80%. Залишковий вміст завислих речовин у відстоєній воді може досягати 50-100 мг/л, нафтопродуктів 0,5-3, а органічних речовин в перерахунку на ХСК і БПК<sub>20</sub> відповідно 50-80 і 15-20 мг/л.

Поверхневий стік разом з тонкодисперсними частинками містить і крупні механічні домішки, для виділення яких доцільно застосовувати *піскоуловлювачі*. За даними досліджень кінетики відстоювання, в дощовому стоці вміст частинок піску з гідравлічною крупністю 15 мм/с коливається в межах від 10 до 15, а в талому стоці - до 20%.

Для видалення основної маси завислих речовин і нафтопродуктів поверхневого стоку застосовуються різні конструкції *відстійних споруд: горизонтальні і радіальні відстійники, нафтоуловлювачі, ставки, накопичувачі і т.п.* Останнім часом для очищення поверхневого стоку починають застосовувати тонкошарові поличні відстійники, а також тонкошарові блоки для інтенсифікації роботи ставків-відстійників.

Для очищення поверхневого стоку до недавнього часу широко застосовувалися ставки-відстійники, споруди закритого типу (підземні) і стаціонарні щитові загороди в акваторії водоймища. Перераховані типи очисних споруд пройшли тривалу перевірку на мережі дощової каналізації Москви. На одинадцяти ставках-відстійниках, вісімнадцяти камерних закритих відстійниках і чотирьох щитових загородах щорічно затримується більше 50 тис. т твердого осаду, бі-



льше 700 м<sup>2</sup> плаваючого сміття і близько 40 т нафтопродуктів. З перерахованих типів відстійних споруд найбільш ефективними є ставки-відстійники.

Дані лабораторних досліджень свідчать про те, що ефективність очищення відносно невисока: концентрація завислих частинок у воді, що виходить із ставків-відстійників, коливається в межах від 20 до 70 мг/л, а вміст нафтопродуктів - від 3 до 7,2 мг/л. Крім того, подібні споруди громіздкі, викликають великі труднощі при видаленні спливаючого осаду і нафтопродуктів і займають велику земельну площу.

Стік дощів більшої інтенсивності після наповнення першого відсіку перепускається в другий відсік. Конструкція перепускання забезпечує затримання плаваючих частинок і нафтопродуктів в першому відсіку. На випадок переповнення ставка передбачений перелив з «чистої» секції в найближче водоймище або водоток. Біля кожного ставка-накопичувача розташовуються насосні станції з двома групами насосів, одна група перекачує відстоєну стічну воду з «брудної» (першої) секції, як правило, на загальнозаводські очисні споруди в період мінімального надходження на них виробничих стічних вод. Друга група насосів залежно від прийнятої схеми відведення поверхневого стоку перекачує води з «чистої» секції у водоймище, на станцію підготовки технічної води або безпосередньо на підприємство.

Для устрою ставків-відстійників доцільно використовувати природні пониження місцевості, яри, кар'єри, русла пересихаючих струмків та ін. Чищення ставків-накопичувачів з вивозом осаду передбачається, як правило, в суху пору року землерійними машинами загального призначення (бульдозерами). У ряді випадків очищення ставків-відстійників від осаду проводять багаточерпаковою землерійною машиною з відвезенням його до місця звалища. У разі розташування ставків-відстійників в районі крупних каналізаційних колекторів випавший в ставках осад перекачують насосами в ці колектори. Для видалення домішок, що спливли, доцільно застосовувати маслонафтозбірні кишені, оскільки досвід експлуатації ставків-відстійників показав, що щілисті труби для збору нафтопродуктів не ефективні.

Використання методу відстоювання в тонкому шарі дозволяє значно інтенсифікувати процес виділення механічних домішок і забезпечити високий ступінь освітлення в спорудах, що вимагають малих площ і об'ємів. Інтенсивний метод механічного очищення вимагає певної підготовки поступаючої води, що забезпечує стабільну роботу поличних відстійників без засмічення крупними домішками. Виходячи з цих міркувань, широке застосування тонкошарове відстоювання одержує при доочистці поверхневого стоку. Для цієї мети різні конструкції очисних споруд обладналися тонкошаровими модулями.

Для очищення поверхневого стоку з території міст НДІ КВОВ АКГ розроблена конструкція тонкошарового поличного відстійника торцевого типу. Принцип роботи полягає в наступному: поверхневий стік підвідним трубопроводом поступає в ємкість з торцевої сторони і далі, проходячи ґрати, поступає до тонкошарового блоку. У тонкошаровому блоці поверхневий стік інтенсивно одночасно звільняється від завислих речовин і нафтопродуктів. Завислі речови-

ни, що осіли, випадають в осадову зону і трубопроводом видаляються з відстійника.

Нафтопродукти, що спливли, видаляються в спеціальні ємкості на подальшу обробку. Освітлений в блоці стік відвідним трубопроводом відводиться з відстійника. З метою забезпечення кращих умов для виділення осідаючих частинок і запобігання попаданню частинок маслonaфтопродуктів, що спливли, у відстійнику передбачені напівзанурені перегородки.

Ефективність роботи тонкошарового відстійника торцевого типу перевірялася на поверхневому стоці з концентрацією завислих речовин 800-3000 мг/л і вмістом нафтопродуктів 20-80 мг/л. У результаті досліджень встановлено, що при збільшенні концентрації завислих речовин у вихідній воді спостерігається підвищення залишкового їх вмісту в очищеній воді з 8-10% (при швидкості руху води в міжполичному просторі 1 мм/с) до 30-40% (при швидкості 10 мм/с) від початкової концентрації в поступаючому поверхневому стоці.

Для досягнення високого ступеня очищення оптимальний кут нахилу пластин і відстань між ними складає відповідно 60-70° і 50-10 мм. Основна маса забруднень в тонкошаровому відстійнику осідає за 10-30 хв. і подальше збільшення тривалості відстоювання не призводить до помітного поліпшення очищення. Протягом 30 хв. в тонкошаровому відстійнику ефект затримання завислих речовин досягає 85-90%, тоді як в горизонтальному відстійнику завглибшки 3 м навіть при 5 год. відстоювання ефект очищення від завислих речовин складає 60-62% (для однієї і тієї ж вихідної концентрації). Проведені експериментальні дослідження показали, що при використанні тонкошарових відстійників торцевого типа для очищення поверхневого стоку площі для розміщення споруди можуть бути зменшені в 6-10 разів, а капітальні витрати в 2,5-3 рази в порівнянні з існуючими спорудами.

## **2. Фільтрування поверхневого стоку**

Для інтенсифікації освітлення поверхневого стоку і забезпечення глибшого ступеня очищення, що досягається у відстійних спорудах, воду очищають способом фільтрування через різні завантаження з природних і синтетичних матеріалів, обробляють коагулянтами і флокулянтами. Для доочистки стічних вод від завислих речовин і нафтопродуктів їх найчастіше фільтрують. У даний час пройшли тривалу промислову перевірку фільтри із завантаженням з піску, керамзиту, пінополіуретану, пінополістиролу, сипрону, деревної стружки та ін.

Відмінною рисою поверхневого стоку є можливість підвищення концентрації завислих речовин, що поступають на фільтри. У цих умовах традиційні піщані фільтри хоч і забезпечують видалення основної маси забруднень, але мають ряд недоліків: низьку продуктивність, складність експлуатації, трудомісткість частих операцій з регенерації фільтруючого матеріалу. У зв'язку з цим застосування піщаних фільтрів для самостійної доочистки поверхневого стоку скрутне із-за складності регенерації і експлуатації в умовах періодичного надходження стічних вод на очищення. Аналогічно піщаним завантаженням не вирішує проблему і використання керамзиту, вулканічних шлаків, аглопориту, торфу, цеолітів та ін.

З фільтрів з природним завантаженням для доочистки поверхневого стоку успішно застосовують каркасно-засипні фільтри конструкції ВНДІ ВОДГЕО.

Каркасно-засипний фільтр є двошаровим фільтром з низхідним потоком води. Даний фільтр вигідно відрізняється від інших тим, що його завантаження, забезпечуючи фільтрування у напрямі убуваючої крупності зерен, виконується з недефіцитних природних матеріалів. Завантаження каркасно-засипного фільтру складається з каркаса (крупний гравій або щебінь з розмірами фракцій 40-60 мм) і засипки, що складається з піску. Крупність частинок піску вибирається залежно від якості вихідної води і необхідного ступеня очищення. Для доочистки поверхневого стоку розмір частинок завантаження рекомендується приймати в межах 1-1,25 мм. Різна крупність зерен засипки і каркаса забезпечує вільне проникнення зерен засипки в канали, що утворюються в каркасі фільтру. Таким чином, очищувана вода проходить спочатку через шар каркаса, не засипаного піском, де очищається від основної маси забруднень, а потім поступає в нижні шари і фільтрується через дрібнозернистий фільтруючий матеріал - шар завантаження.

Конструкція каркасно-засипного фільтру забезпечує стабільний ефект очищення при значних коливаннях якості і кількості вихідної води, що дуже важливо для очищення поверхневого стоку, оскільки дозволяє здійснювати промивку фільтруючого середовища будь-якої інтенсивності без небезпеки зсуву підтримуючих гравієвих шарів.

Перевагою каркасно-засипних фільтрів є також можливість використання контактної коагуляції. Дослідження цієї конструкції фільтру для доочистки поверхневого стоку машинобудівного підприємства показали, що при безреагентному фільтруванні концентрація завислих речовин і нафтопродуктів у фільтраті не перевищує відповідно 5 і 3 мг/л. Тривалість фільтроциклу при швидкості фільтрування 10 м/год. залежно від вихідної забрудненості води складає 30-36 год. Контактна коагуляція дозволяє забезпечити при тій же швидкості фільтрування концентрацію завислих речовин 3 мг/л і нафтопродуктів 1-1,5 мг/л, тривалість фільтроциклу при цьому складає 20-24 год.

Останнім часом проводяться обширні дослідження нових фільтруючих матеріалів, які б мали більшу брудомісткість, відрізнялися невисоким темпом приросту втрат натиску при забрудненні і відносно простою регенерацією. Значний вміст нафтопродуктів в поверхневому стоці, що поступає на фільтри, обумовлює доцільність застосування фільтруючих полімерних матеріалів, що мають олеофільні властивості. Як таке фільтруюче середовище в практиці очищення все більш широко використовуються полімерні високопористі полістирол і пінополіуретан. Застосування синтетичних матеріалів, пористість яких досягає 95%, дозволяє істотно підвищити швидкість фільтрування, збільшити тривалість фільтроциклу і здійснювати процес очищення з меншими витратами в порівнянні зі звичайними зернистими фільтрами.

На підставі досліджень ефективності застосування пінополіуретану для очищення поверхневого стоку ВНДІВО розробив ряд конструкцій фільтрів, що складаються з однієї, двох або трьох послідовно працюючих секцій, розташованих в одному корпусі. Як фільтруючий матеріал передбачено використання по-

дрібненого пінополіуретану з розмірами гранул частинок 10-15 мм і пір 0,8-1,2 мм. З метою регенерації завантаження її промивають водою, одночасно перемішуючи стислим повітрям і віджимаючи. Механічним віджиманням завантаження у водному середовищі досягається практично повне відновлення її поглинаючої здатності. Видалення основної маси затриманих домішок досягається при триразовому віджиманні з перемішуванням. Віджимання здійснюється за допомогою поршневого пристрою з механічним або гідравлічним приводом. Необхідний об'єм промивної води при водоповітряній промивці відповідає двократному об'єму завантаження.

За даними експериментальних досліджень, брудомісткість 1 м<sup>3</sup> завантаження з пінополіуретану в багато разів перевершує брудомісткість 1 м<sup>3</sup> піщаного завантаження і залежно від умов фільтрування коливається від 40 до 200 кг. Для даного завантаження характерні відносно невисокі втрати натиску і повільне їх наростання. Так, при висоті шару фільтруючого завантаження 1 м втрати натиску на початку фільтроциклу складають 0,2-0,6 м вод. ст., а через 50 год. при швидкості фільтрування 10-25 м/год. підвищуються до 0,3-0,9 м вод. ст.

Контактна коагуляція дозволяє підвищити ефективність роботи пінополіуретанових фільтрів. Ефект освітлення поверхневого стоку при попередній обробці його флокулянтном ПАА дозою 1 мг/л залежно від швидкості фільтрування складає 93-99% при висоті шару завантаження 1,5 м, 85-95% при висоті 1 м і близько 85% при висоті шару завантаження 0,5 м.

Тривалість фільтроциклу при вихідній концентрації завислих речовин 200 мг/л при висоті шару завантаження 1,5 м залежно від швидкості фільтрування складає від 12 до 50 год.

Нові можливості подальшого скорочення витрат на фільтрування і максимального збільшення тривалості фільтроциклу відкриває використання листового пінополіуретану. Відкрито-пористий пінополіуретан має максимально можливу пористість 95-98%. Дослідження з вивчення ефективності застосування листового пінополіуретану для доочистки поверхневого стоку проведені в НДІ КВОВ. Поверхневий стік, що пройшов відстоювання і фільтрування через дрібнопористий пінополіуретан з крупністю пір 0,4 мм, може використовуватися повторно для технічних цілей.

Концентрація завислих речовин в поверхневому стоці, що поступає на фільтрування, складала 200-350, а нафтопродуктів 4-10 мг/л. Проведені дослідження показали, що ефективність очищення стічних вод при швидкостях фільтрування від 0,3 до 2 м/год в середньому складає за завислими речовинами 85-95, а за нафтопродуктами - 80-90%. Із збільшенням швидкості фільтрування значно знижується тривалість фільтроциклу. Досягнувши граничної втрати натиску, рівної 500 мм, середнє грязьове навантаження на 1 м<sup>2</sup> площі фільтру складає 2,9-3,4 кг і практично не залежить від швидкості фільтрування.

На підставі експериментальних і теоретичних досліджень НДІ КВОВ розробив і рекомендує застосовувати для доочистки відстоюного поверхневого стоку багатопотоковий фільтр з вертикальними рамками, обладнаними листовим відкритопористим пінополіуретаном завтовшки 20-30 мм. Регенерація фі-

льтруючого матеріалу здійснюється за допомогою вакуум-відсмоктування забруднень. Швидкість фільтрації, що доводиться на 1 м<sup>2</sup> площі фільтру в плані, приймається рівною 15-20 м/год. При цих параметрах забезпечується очищення поверхневого стоку від завислих речовин на 85-95 і від нафтопродуктів на 80-90%.

У зв'язку з посилюванням вимог до вмісту нафтопродуктів в поверхневому стоці, що відводиться у водні об'єкти, у ВНДІВОДГЕО проведені дослідження і розроблені рекомендації щодо доочистки поверхневого стоку фільтруванням через активне вугілля. Експериментально доказано, що досягти залишкового вмісту нафтопродуктів в кількості 0,3 міліграм на 1 л можна в результаті фільтрування поверхневого стоку через мезопористе вугілля. Для досягнення концентрації нафтопродуктів 0,05 мг/л потрібне додаткове фільтрування через активне вугілля, зокрема через БАУ.

### ***3. Біологічна доочистка поверхневого стоку***

Поверхневий стік з територій міст і промислових підприємств, окрім забруднень у вигляді нерозчинених домішок, містить органічні сполуки в колоїдному і розчиненому стані. Не дивлячись на те, що частина цих забруднень за рахунок сорбції на завислих частинках видаляється при відстоюванні і фільтруванні, у ряді випадків потрібне глибоке очищення поверхневого стоку від органічних сполук. Для видалення таких забруднень із стічних вод широке застосування знайшов метод біологічного очищення.

Епізодичність утворення поверхневого стоку і різкі коливання навантаження за забрудненнями викликають серйозні труднощі застосування традиційних методів біологічного очищення із застосуванням активного мула. Для підтримки життєдіяльності біомаси активного мулу між дощами станції біологічного очищення поверхневого стоку розташовуються в безпосередній близькості від станції аерації міських або виробничих стічних вод. При цьому надлишковий активний мул станції аерації в період випадання дощів подається на споруди біологічного очищення поверхневого стоку. Прикладом раціонального рішення є станція біологічної контактної стабілізації в м. Кеноша, штат Вісконсін, США. Під час надходження дощового стоку з колектора загальносплавної каналізації частина стічних вод, що пройшли ґрати, насосами подаються в піскоуловлювач і далі в контактний резервуар. З контактним резервуаром блокується аеробний стабілізатор надлишкового активного мула станції аерації. Стабілізатор розділений на дві секції, час перебування активного мула в яких складає 7 діб. В період надходження дощових вод частина активного мула з аеробного стабілізатора перекачується в контактний резервуар. Час перебування стічних вод в контактному резервуарі складає 15-20 хв. Ступінь рециркуляції активного мула - 0,25. Витрата повітря в контактному резервуарі складає 30 м<sup>3</sup> на 1 кг БПК<sub>5</sub>, а в аеробному стабілізаторі 6-8 м<sup>3</sup> на 1 кг БПК<sub>5</sub>.

### ***4. Приклади використання поверхневого стоку в системах технічного водопостачання***

Найбільш ефективним рішенням проблеми запобігання забрудненню водоймищ поверхневим стоком є повторне його використання в системах техніч-

ного водопостачання промислових підприємств. Таке рішення часто буває і економічно вигіднішим, оскільки скорочується споживання природної води і, як правило, потрібне менш глибоке його очищення в порівнянні з варіантом скидання у водоймище. Проте у зв'язку з імовірнісним характером утворення поверхневого стоку необхідна акумулююча ємкість. Таким чином, повторне використання поверхневого стоку в системі технічного водопостачання, маючи екологічні і у ряді випадків економічні переваги, вимагає, як правило, значних виробничих площ.

Ступінь очищення поверхневого стоку, як і промислового, при використанні його в системах технічного водопостачання промислового підприємства визначається вимогами до якості технічної води.

Як показують розрахунки поверхневого стоку, що формується на території промислового підприємства, буде недостатньо для забезпечення технологічних потреб і цей стік може використовуватися в суміші з річковою водою або очищеними стічними водами. На підприємствах металургійної, нафтопереробної, нафтохімічної, хімічної і деяких інших галузей промисловості, розташованих в кліматичних зонах з середньою річною кількістю опадів 400-600 мм, утворений на промплощадках поверхневий стік складає до 30% річного споживання води підприємством. Враховуючи, що вимоги пред'являються до загальної витрати використовуваної води на технологічні потреби, ступінь очищення поверхневого стоку визначається, виходячи з кількості і якості окремих джерел водопостачання.

Підготовка поверхневого стоку для використання в системах технічного водопостачання повинна забезпечувати не тільки певні вимоги до технологічних властивостей води, але і повну санітарну безпеку для працюючого персоналу. Санітарно-гігієнічні вимоги полягають в забезпеченні безпечних епідеміологічних і токсикологічних умов для персоналу. Оскільки у ряді випадків поверхневий стік забруднений бактеріями, при його використанні в системах технічного водопостачання необхідно передбачити можливість знезараження.

Вимоги до ступеня очищення поверхневого стоку при використанні його на технологічні потреби підприємства: за нафтопродуктами - 10-20 мг/л, завислими речовинами - 20 - 50 мг/л; при скиданні у водоймище нафтопродуктів - 0,3 - 0,05 мг/л; завислих речовин - до 5 мг/л.

У даний час на ряді зарубіжних заводів поверхневий стік використовують в оборотних системах водяного охолодження і для пожежогасіння, причому очищення і підготовка його до використання в цих системах водопостачання обмежується, як правило, відстоюванням в ставках. Показовим прикладом використання поверхневого стоку в системах технічного водопостачання може служити нафтопереробний завод (НПЗ). Основна продукція - бензин, дизельне паливо, мазут й бітум. Для максимального затримання атмосферних опадів по периметру території заводу площею 200 га на глибину до водонепроникних пластів побудована залізобетонна стіна завтовшки 50 см. Протяжність цієї стіни в ґрунті 5 км.

Затримані атмосферні води, річний об'єм яких більше 1 млн. м<sup>3</sup>, дренажними насосами перекачуються в акумулюючий резервуар і надалі застосову-

ються в системах промислового водопостачання. При використанні цих вод в охолоджуючих системах оборотного водопостачання ніякої додаткової обробки, окрім періодичного хлорування, не застосовується. Якість води в акумулюючому резервуарі така, що для приготування знесоленої води, необхідної для технологічних потреб заводу, вона подається на іонообмінні фільтри без попереднього очищення. Багаторічний досвід експлуатації заводу показав, що прийнята схема дозволяє задовольняти всі потреби технологічних процесів у водних ресурсах за рахунок атмосферних опадів.

У даний час на переважній більшості НПЗ поверхневий стік з територій технологічних установок, резервуарних парків і естакад відводиться спільно з виробничими стічними водами. Після фізико-механічного очищення, а у ряді випадків і біологічного, ці стічні води, як правило, використовують для підживлення оборотних систем. Відведення ж поверхневого стоку з решти території заводу в більшості випадків здійснюється відкритими лотками і кюветами. Розрахунки показують, що при середній кількості атмосферних опадів 600 мм в рік загальний об'єм поверхневого стоку для НПЗ середньої потужності коливається в межах 0,9-2,7 млн. м<sup>3</sup> в рік, що складає від 10 до 30% річної витрати свіжої води, споживаної на технічні потреби заводу. Проведені дослідження показують, що за сольовим складом поверхневий стік відповідає вимогам, які пред'являються до додаткової води, і може бути використаний після відстоювання для підживлення оборотних систем. Очищення поверхневого стоку рекомендується здійснювати в піскоуловлювачах і в 4-секційному ставку-акумуляторі. За величиною карбонатної жорсткості поверхневий стік НПЗ можна порівняти із зм'якшеною вапняно-содовим розчином річковою водою. У зв'язку з цим використання поверхневого стоку в оборотних системах дозволить зменшити утворення накипу в холодильно-конденсаційній апаратурі, але в той же час він може збільшити корозію, що примусить застосувати ефективний захист. Для цієї мети на НПЗ успішно застосовується інгібітор корозії ІКБ-4 дозою 25-50 мг/л. Промислові випробування інгібітору показали, що залежно від агресивності води і умов експлуатації швидкість корозії стала знижуватися на 60-95%.

Рекомендації зі знешкодження поверхневого стоку з територій металургійних заводів з метою використання їх в системах оборотного водопостачання розроблені НВО «Енергосталь». Частка поверхневого стоку в загальному балансі водоспоживання залежить від багатьох умов і коливається в широкому діапазоні. У Донбасі загальнорічний об'єм його складає 10-12% від загального споживання свіжої води для технічних цілей, а на Уралі частка використання поверхневого стоку зростає до 20-25%. Для забезпечення вимог до води, що охолоджує устаткування, за завислими речовинами одного гравітаційного відстоювання поверхневого стоку металургійних заводів буває, як правило, недостатньо. Найдоцільніше в таких випадках піддавати освітлений стік фільтруванню.

Розроблена схема збору і відведення поверхневих вод, згідно з якою по периметру території заводу влаштовують кювети, що забезпечують відведення збираної води, щоб виключити попадання її у водоймище. При прокладенні по контуру заводу автомобільної дороги рівень її полотна повинен бути вище за

рівень навколишньої місцевості на 0,5 м. У цьому випадку дороги служать обвалуванням заводської території.

На території технологічних установок, де можливі розливи нафтопродуктів, повинні бути дощоприймачі, які підключені до систем промливневої або зливової каналізації.

Стічні води установок, розташованих на схилі або у підніжжя піднесеності, не повинні змішуватися з позамайданчиковими поверхневими водами. Для цього уздовж межі їх розповсюдження слід влаштовувати заасфальтовані нагірні канали. Якщо рельєфи окремих ділянок території підприємств розрізняються, то слід застосовувати комбіновану систему відведення поверхневих вод: наземну і підземну. При достатньо вираженому рельєфі місцевості поверхневі води можна відводити по наземній системі аж до зливових ставків, а при пологішому або горизонтальному - по відкритих водотоках, які переходять в закриту злизову каналізацію. Від рельєфу місцевості залежить також число зливових ставків (два і більш).

Поверхневі стоки НПЗ несуть пісок, завислі речовини різної природи, зокрема плаваючі і емульговані нафтопродукти. Унаслідок періодичності випадання опадів і значного коливання їх інтенсивності забрудненість поверхневих вод змінюється в широких межах, тому злизові ставки, окрім функцій акумулятора стоків виконують функції очисних споруд.

При високому вмісті завислих речовин в поверхневому стоці перед ставками рекомендується влаштовувати піскоуловлювач для очищення стоку від основної маси крупнодисперсних забруднень. Включення в схему піскоуловлювачів не є рішенням однозначним і вимагає додаткової перевірки в умовах експлуатації. Включення піскоуловлювачів в схему очищення виправдано тільки в тому випадку, якщо забезпечується їх надійна експлуатація, тобто своєчасне звільнення піскоуловлювачів від уловленого осаду. При застосуванні піскоуловлювачів в період найбільш інтенсивних дощів необхідно передбачати відведення частини стоку в ставок, минувши піскоуловлювач.

Ставок-накопичувач повинен складатися з двох секцій: першої для первинного відстоювання від основної кількості завислих частинок і нафтопродуктів і другої, такої, що відіграє роль акумулятора. Об'єм секцій первинного відстоювання приймають рівним 20% від загального об'єму ставка. Зменшений об'єм секцій первинного відстоювання викликається необхідністю скорочення поверхні, на якій можуть накопчатися нафтопродукти і нафта.

У результаті тривалого перебування в ставку вода практично повністю освітлюється. У відсутність забруднень (БПК<sub>повн</sub> = 20-25 мг/л) стік направляють на підживлення оборотних систем; при БПК<sub>повн</sub> > 25 мг/л - на споруду біохімічного очищення стоків першої системи каналізації.

Секції первинного відстоювання по всьому периметру обладнують нафтозбірними поворотними трубами. Уловлені нафтопродукти збирають періодично у міру накопичення нафтової плівки, що зганяється вітром, біля однієї з нафтозбірних труб. Уловлений нафтопродукт збирають в приймальному резервуарі, потім направляють на утилізацію.



Секції ставка очищають від осаду періодично, залежно від кількості продуктів, що накопичилися, в середньому один раз в 5-7 років. Перед очищенням секцію звільняють від води, осад підсушують, а потім вивозять машинами на спеціально відведені майданчики. Корисний об'єм ставка-накопичувача розраховують виходячи з об'єму талих і зливових вод, об'єму осаду, що накопичується в період між очищеннями, мертвого об'єму і залишку води попереднього року.

### **Контрольні запитання:**

1. Які чинники впливають на ефективність роботи відстійників?
2. Проаналізуйте якісний склад поверхневого стоку після відстоювання.
3. Які відстійні споруди можуть бути використані для очищення поверхневого стоку?
4. Навіщо передбачено ділення ставків-відстійників на відсіки?
5. У чому особливості методу відстоювання в тонкому шарі?
6. Назвіть фільтруючі завантаження, що використовують для очищення поверхневого стоку.
7. Опишіть конструкцію каркасно-засипного фільтру.
8. У чому полягають переваги використання каркасно-засипних фільтрів?
9. Який параметр має велике значення при використанні полімерних фільтруючих матеріалів?
10. Яким чином здійснюється регенерація пінополіуретанового завантаження?
11. Порівняйте брудомісткість піщаного і поліуретанового фільтруючого завантаження.
12. Чи впливає контактна коагуляція на ефективність роботи пінополіуретанових фільтрів?
13. Чи може використовуватися біологічна доочистка поверхневого стоку?
14. Від чого залежить необхідний ступінь очищення поверхневого стоку?
15. Опишіть технологію використання очищеного поверхневого стоку в системі водопостачання нафтопереробного заводу.
16. Як розраховується корисний об'єм ставка-накопичувача?

## **ЗМ 1.2. ОБРОБКА І УТИЛІЗАЦІЯ ОСАДІВ І БІОГАЗУ МЕТАНТЕНКІВ**

### **Тема 1. Методи обробки осадів стічних вод**

1. **Загальна характеристика методів обробки осадів стічних вод.**
2. **Ущільнення осадів.**
3. **Стабілізація осадів.**
4. **Кондиціонування осадів.**

## 5. Методи зневоднення осадів.

## 6. Знезараження осадів.

### 1. Загальна характеристика методів обробки 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 збиток, що наноситься навколишньому середовищу, і проводиться з метою зменшення об'єму осаду і його знезараження.

Технологічні процеси обробки осадів стічних вод можна розділити на наступні основні стадії (рис. 2.1): ущільнення (згущування), стабілізація органічної частини, кондиціонування, зневоднення, термічна обробка, утилізація цінних продуктів або ліквідація осадів. При ущільненні в середньому відділяється 60%, при мехзневодненні 25%, при термічній сушці і спалюванні до 15% загальної кількості мулової води, що міститься у вихідному осаді. При цьому маса оброблюваного осаду скорочується в середньому при ущільненні в 2,5 разу, при зневодненні в 12,5 разів, при сушці - на 60%, а при спалюванні - в 150 разів.

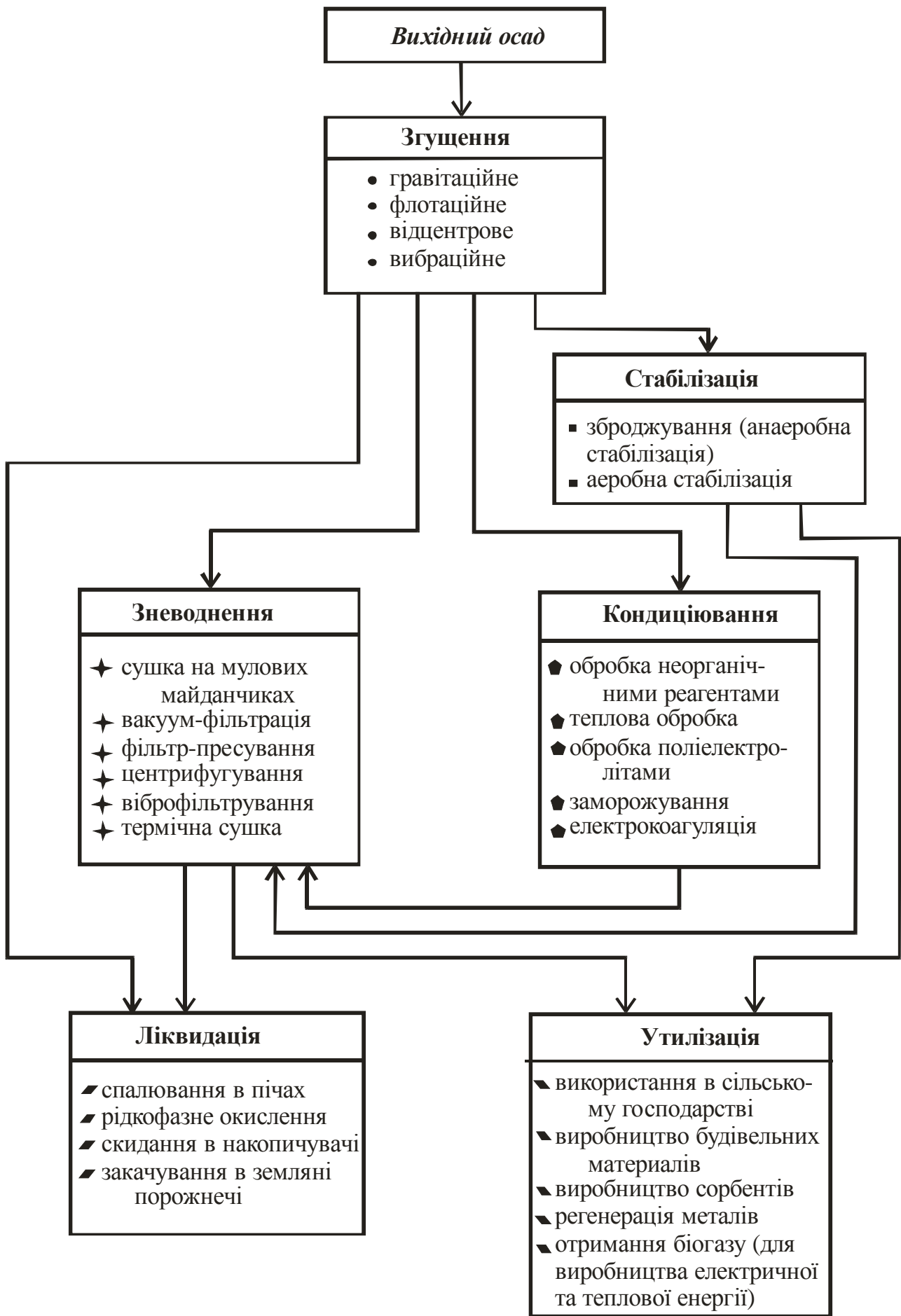
**Ущільнення осадів** стічних вод є первинною стадією їх обробки і призначено для зменшення їх об'ємів. Найбільш поширені гравітаційний і флотаційний методи ущільнення. Гравітаційне ущільнення здійснюється у відстійниках-ущільнювачах; флотація – в установках напірної флотації. Застосовується також відцентрове ущільнення осадів в циклонах і центрифугах. Перспективно вібраційне ущільнення шляхом фільтрування осаду стічних вод через фільтруючі перегородки або за допомогою занурених в осад вібраційних пристроїв.

**Стабілізація осадів** використовується для руйнування біологічно розкладаної частини органічної речовини, що запобігає загниванню осадів при тривалому зберіганні на відкритому повітрі (сушка на мулових майданчиках, використання як сільськогосподарського добрива та ін.).

Стабілізація або мінералізація органічної речовини осаду може здійснюватися в анаеробних умовах (метанове бродіння) і в аеробних умовах. Для стабілізації осадів промислових стічних вод застосовують в основному аеробну стабілізацію – тривале аерування осадів в спорудах типу аеротенків, унаслідок чого відбувається розпад основної частини біологічно розкладаних речовин, схильних до гниття. Період аеробної стабілізації при температурі 20°C складає 8-11 діб, витрата кисню для стабілізації 1 кг органічної речовини мулу – 0,7 кг. Зброджування осаду в метантенках в анаеробних умовах здійснюється в мезофільному (при  $t=33^{\circ}\text{C}$ ) або термофільному (при  $t=53^{\circ}\text{C}$ ) режимах, що визначається способом подальшої обробки осаду.

**Кондиціонування осадів** проводять для руйнування колоїдної структури осаду органічного походження і збільшення їх водовіддачі при зневодненні. Застосовують в основному реагентний метод кондиціонування.

**Зневоднення осадів** стічних вод призначене для отримання осаду (кека) вологістю 50-80%. До недавнього часу зневоднення здійснювалося в основному сушкою осадів на мулових майданчиках. Проте низька ефективність такого про-



**Рис. 2.1** – Технологічний цикл обробки осадів стічних вод

цесу, дефіцит земельних ділянок в промислових районах і забруднення повітряного середовища зумовили розробку і застосування ефективніших методів зневоднення: вакуум-фільтрування, центрифугування, фільтрпресування, термічна сушка.

*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 і екологічним завданням, але у будь-якому випадку технологічна схема будується на комбінації різних методів обробки осадів, оскільки технологічні схеми обробки осадів залежать від багатьох чинників: властивостей осадів, їх кількості, кліматичних умов, наявності земельних площ та ін.

На рис. 2.2 приведена принципова схема утворення і обробки осадів стічних вод.

## **2. Ущільнення 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 відділяється від рециркуляційного (що направляється в аеротенки).

Враховуючи високу його вологість (до 99,2-99,7%), необхідно здійснювати ущільнення надлишкового активного мулу. Ущільнення – найбільш простий і дешевий метод зниження вологості і об'єму осадів, що підлягають подальшій обробці. Звичайно ущільнюється надлишковий активний мул, в окремих випадках – суміш активного мулу і сирого осаду, достатньо рідко – сирий осад. Ущільнюватися можуть також анаеробно зброжені і аеробно стабілізовані осади.

Оскільки вологість ущільненого осаду різко зменшується, то об'єм споруд при подальшій його обробці також скорочується.

Для ущільнення осадів використовують гравітаційні, флотаційні і сепараційні методи.

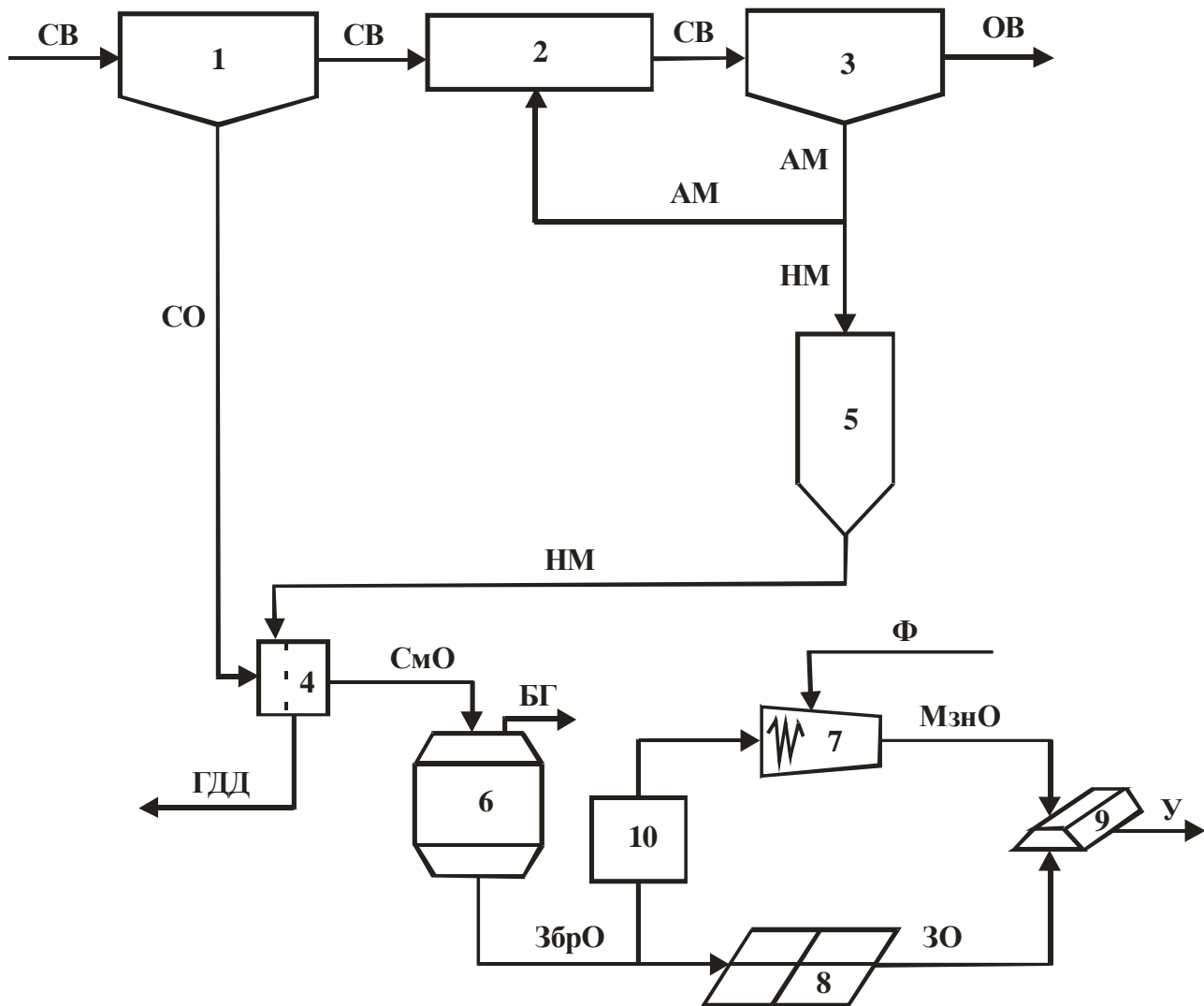
Зменшення об'єму і вологості осадів **гравітаційним методом** досягається тривалим їх відстоюванням. Ущільнення надлишкового активного мулу здійснюється відповідно до закономірностей обмеженого осадження суспензії.

У процесі ущільнення активного мулу видаляється тільки вільна вода. Ущільнення активного мулу приводить до різкого зростання його питомого опору фільтрації і до збільшення кількості зв'язаної води, що не дозволяє значно понизити його вологість.

Мулова суміш з аеротенків ущільнюється швидше, ніж активний мул з вторинних відстійників. Активний мул з аеротенків на неповне біологічне очищення ущільнюється швидше і краще, ніж з аеротенків на повне біологічне очищення.

Встановлено, що ступінь ущільнення мулу залежить від тривалості його перебування в зоні ущільнення і величини тиску в ній. Тривалість перебування мулу в зоні ущільнення визначається навантаженням за сухою речовиною на одиницю поверхні мулозгущувача – питомим поверхневим навантаженням, вимірюваним в кг сухої речовини на 1 м<sup>2</sup> поверхні дзеркала води в добу. Питоме

поверхнєве навантаження для гравітаційних мулозгущувачів приймають в межах 20-30 кг/м<sup>2</sup>·доб.



**Рис 2.2 – Принципова схема утворення і обробки осадів стічних вод:**

СВ – стічні води; ОВ – очищена вода; СО – сирий осад; АМ – активний мул; НМ – надлишковий мул; СО – суміш осадів; БГ – біогаз; ГДД – грубо-дисперсні домішки; ЗбрО – анаеробний зброджений осад; ЗО – зневоднений осад; МзнО – механічно зневоднений осад; У – сухий осад, підготовлений до переробки в добрива (пальне); Ф – подача флокулянту;  
 1 - первинні відстійники; 2- аеротенки; 3- вторинні відстійники;  
 4 – проціджувач; 5 - ущільнювач; 6 - метантенк; 7 - центрифуга;  
 8 - мулові майданчики; 9 - бурти підсушеного осаду; 10 – споруди для промивки осаду

На процес ущільнення надлишкового активного мулу негативно впливають ті ж чинники, які приводять до погіршення роботи вторинних відстійників: виділення газів у результаті загнивання мулу внаслідок денітрифікації або зміни температури осаду.

Застосовують звичайно мулозгущувачі радіального типу, тобто звичайні радіальні відстійники. На станціях невеликої продуктивності використовують вертикальні мулозгущувачі, які влаштовують на базі звичайних первинних вертикальних відстійників з центральною трубою.

Дані для розрахунку мулозгущувачів слід приймати за табл. 58 [1], згідно з якою при ущільненні надлишкового активного мулу у вертикальних відстійниках вологість ущільненого осаду рівна 98%, а тривалість ущільнення складає від 10 до 15 год. залежно від характеру надлишкового активного мулу. У радіальних відстійниках вологість ущільненого осаду складає 97-97,3%, а тривалість ущільнення – від 5 до 15 год.

З мулозгущувачів радіального типу мул віддаляється безперервно мулоскребами або мулососами і прямує на подальшу обробку. З мулозгущувачів вертикального типу мул віддаляється самопливом під гідростатичним тиском.

Роботу мулозгущувачів можна інтенсифікувати як шляхом поліпшення властивостей ущільнюваного осаду (хімічною коагуляцією або термічною обробкою), так і обладнанням самих мулозгущувачів стрижньовими мішалками.

Попередня термічна обробка приводить до руйнування гидратної оболонки, яка обволікає тверді частинки осаду, внаслідок чого процес його ущільнення значно інтенсифікується. Після витримки мулу при температурі 70-90°C упродовж 30 хв. він ущільнюється в термогравітаційному мулозгущувачі до вологості 96,7% упродовж 30-60 хв. За конструкцією термогравітаційний мулозгущувач подібний звичайному вертикальному мулозгущувачу, у середині якого розміщена камера для підігрівання осаду паром. Для запобігання втратам тепла мулозгущувачі влаштовують закритими та ізольованими. Серед переваг споруди слід зазначити, що одночасно з ущільненням в ньому відбувається і стерилізація мула. Проте внаслідок великої вартості процесу термогравітаційні ущільнювачі знайшли застосування тільки в технологіях утилізації мулу як кормової добавки.

При **флотаційному ущільненні осадів** відбувається інтенсифікація звільнення вологи із структурних порожнеч активного мулу на рівні поверхневих явищ. Повітря, що вводиться у вигляді дрібних бульбашок, вступає у взаємодію зі зв'язаною водою на поверхні частинок мулу, витісняючи і переводячи її у вільний стан. Застосування флотації дозволяє за 10-20 хв. досягти такого ж ступеня ущільнення мулу, як і після його гравітаційного ущільнення впродовж 2-х год. Вологість ущільненого активного мулу залежно від типу флотатора і характеристики мулу складає 94,5-96,5%.

Окрім надлишкового активного мулу, флотаційному ущільненню можуть піддаватися й інші види осадів і їх суміші.

Попередня обробка осадів флокулянтами дозволяє зменшити вологість обробленого мулу з 95-96% до 94-95% і збільшити ефективність затримання сухої речовини 95-99%.

Головними перевагами флотаційних мулозгущувачів в порівнянні з гравітаційними є менша тривалість процесу ущільнення, їх менші розміри, нижча вологість ущільненого мулу і значно менший його об'єм, що дозволяє зменшити об'єм споруд для подальшої обробки осадів. Проте флотаційні мулозгущува-

чі мають також і істотні недоліки: велика витрата електроенергії насосами, певна складність конструкції й експлуатації, необхідність розміщення флотаційних мулозгущувачів у будівлі для зручності експлуатації в зимовий час.

**Відцентрове ущільнення** мулових суспензій здійснюється в компактних високопродуктивних сепараторах або центрифугах. Швидкість розділення суспензій при цьому в 1000 разів більша, ніж при гравітаційному ущільненні.

Застосування тарілчатих сепараторів дозволяє ущільнювати мул до концентрації 40-60 г/дм<sup>3</sup> при ефективності затримання сухої речовини в середньому 97%. Проте, навіть за умови попереднього проціджування мулу через сита або барабанні сітки, експлуатація сепараторів сильно ускладнюється внаслідок частого забивання сопел сепаратора.

Ущільнення мулу на центрифугах не знайшло широкого застосування внаслідок утворення великої кількості погано зневоднюваного фугата, хоча цей метод дозволяє одержувати ущільнений мул з концентрацією 60-70 г/дм<sup>3</sup> при ефективності затримання сухої речовини 85-93%.

### **3. Стабілізація осадів**

Осади стічних вод схильні до процесів гниття, яке супроводжується виділенням смердючих запахів, утворенням колоїдних і дрібнодисперсних частинок, погіршенням водовіддачі. Крім того, в осадах є всі основні форми бактерійних забруднень (збудники шлунково-кишкових захворювань, яйця гельмінтів та ін.). Тому осади піддають стабілізації – спеціальній обробці, що змінює їх фізико-хімічні властивості і пригнічує життєдіяльність гнилісних бактерій, чим запобігають загніванню осадів.

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

**Анаеробна стабілізація** або зброджування здійснюється в наступних спорудах:

- у септиках (при продуктивності станції до 25 м<sup>3</sup>/сут);
- у двоярусних відстійниках або освітлювачах (при продуктивності станції до 10 тис. м<sup>3</sup>/сут);
- у метантенках (при продуктивності станції більше 10 тис. м<sup>3</sup>/сут).

**Аеробна стабілізація** здійснюється в аераційних спорудах типу аеротенків і полягає в тривалому аеруванні осаду.

Процес **аеробної стабілізації** осадів полягає в тривалій (протягом декількох діб) аерації їх повітрям, при цьому відбувається окислення основної частини органічних беззольних речовин мікроорганізмами у присутності кисню. Частина органічних речовин, що залишилася, стабілізується, тобто стає нездідною до подальшого загнівання.

Для аеробної стабілізації можуть використовуватися будь-які ємкісні споруди, що є на станціях аерації, в т.ч. аеротенки з переважною висотою 3-5 м. На невеликих очисних станціях звичайно використовують аеробні стабілізатори, що працюють за принципом повного змішення. Таке проведення процесу, проте, має істотний недолік: вивантажуваний осад має деяку, хоч і незначну, кількість речовин, які перебували в стабілізаторі дуже нетривалий час. Тому

для стабілізації рекомендується застосовувати споруди типу аеротенків-витискувачів.

Ефективність процесу стабілізації залежить від тривалості й інтенсивності аерації, температури, а також складу і властивостей осаду.

Тривалість аерації, що забезпечує повний розпад беззольної речовини і стабілізацію осаду, приймається для ущільненого мулу – 2-5 діб, для суміші сирого осаду і ущільненого активного мулу – 8-12 діб. Витрата повітря – 1-1,5 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> год. В умовах України застосування цього методу на очисних спорудах останніми роками різко скоротилося у зв'язку з дефіцитом електроенергії і високою енергоємністю тривалої аерації.

Ефективність процесу аеробної стабілізації залежить від тривалості процесу, температури, інтенсивності аерації, а також властивостей і складу осаду.

Параметри для розрахунків споруд зі стабілізації осадів приведені в п.п. 6.364 – 6.367 [1].

Швидкість процесу аеробної стабілізації зростає зі збільшенням концентрації осаду, проте при цьому погіршуються масопередача кисню і водовіддаюча здатність осадів. Виходячи з цих умов, концентрація активного мулу, що подається в аеробний стабілізатор, не повинна перевищувати 20 г/дм<sup>3</sup> (оптимальна концентрація 10-15 г/дм<sup>3</sup>), а концентрація суміші мулу і сирого осаду – 25-27 г/дм<sup>3</sup> (оптимальна концентрація 15-20 г/дм<sup>3</sup>). Підтримка необхідної концентрації мулу може здійснюватися як шляхом його попереднього ущільнення (але не довше 6 год. за умови збереження його біологічної активності, так і влаштуванням спеціальних відстійних зон усередині стабілізатора, або навіть шляхом повернення в стабілізатор вже стабілізованого ущільненого осаду.

Після аеробної стабілізації осади повинні знаходитися протягом 1,5-5 год. у окремо розташованих ущільнювачах або в спеціально виділеній відстійній зоні усередині стабілізатора. Вологість ущільненого аеробно стабілізованого осаду складає при цьому 96,5-98,5%. Згідно з [1] мулова вода з ущільнювачів, що містить до 100 мг/дм<sup>3</sup> завислих речовин і має БСКповн до 200 мг/дм<sup>3</sup>, повинна прямувати для очищення в аеротенки.

Процес аеробної стабілізації приводить до деякого зменшення вмісту в осаді патогенної мікрофлори. Залежно від тривалості аерації і режиму роботи стабілізаторів зменшення вмісту кишкової палички досягає 70-99% і спостерігається інактивація вірусів. Проте яйця гельмінтів не гинуть, тому використання стабілізованих осадів як добриво можливе тільки після їх дегельмінтизації.

Перевагами аеробних стабілізаторів є простота їх конструкції і експлуатації, вибухобезпечність, поліпшення в окремих випадках водовіддаючої здатності осадів, невелика (особливо в порівнянні з анаеробним зброджуванням) залежність процесу стабілізації від наявності в осаді токсичних домішок, іонів важких металів, ПАР.

До недоліків аеробних стабілізаторів слід віднести велике використання електроенергії на аерацію, необхідність обов'язкового знезараження стабілізованих осадів, зниження ефективності аеробної стабілізації в зимовий період унаслідок переохолодження осаду.



**Анаеробне зброджування** - процес мінералізації органічної речовини осадів в анаеробних умовах, що супроводжується посиленням газовиділенням, також застосовується для стабілізації осадів. Умовно прийнято, що процес розпаду органічної речовини осадів в анаеробних умовах відбувається в дві стадії:

- кисла - гідроліз складних органічних речовин, в результаті якого утворюються жирні кислоти, спирти, альдегіди і т.п.;

- лужна (метанова) - перетворення цих проміжних продуктів у метан і вуглекислоту, а також карбонатні солі.

Основними технологічними параметрами, що визначають ефективність процесу анаеробного зброджування осадів є їх хімічний склад, температура і тривалість зброджування, навантаження за органічною речовиною, концентрація завантаженого осаду, а також режим завантаження і перемішування вмісту камери зброджування.

**Хімічний склад осаду** визначає можливий ступінь його зброджування, а також вихід і склад біогазу, що утворюється. Встановлено [10], що газ, який виділяється в процесі зброджування осаду, утворюється тільки за рахунок розпаду жирів, вуглеводів і білків. При цьому 60-65% біогазу утворюється при розпаді жирів, а інші 35-40% доводяться приблизно порівну на вуглеводи і білки. Всі три дані компоненти зброджуються не повністю: ступінь їх зброджування складає 70% - для жирів, 62,5% - для вуглеводів, 48% - для білків. У свою чергу, вміст жирів, вуглеводів і білків в органічній речовині осаду складає 65-80%.

СНіП [1] рекомендує ступінь розпаду беззольної речовини сирого осаду первинних відстійників приймати рівною 53%, а надлишкового активного мулу – 44%.

У складі осадів містяться органічні і неорганічні речовини, які за певних умов можуть проявляти токсичну дію на процес зброджування. До таких речовин відносяться іони важких металів, розчинений кисень, сульфіді, амонійний азот, ПАР та ін. Найбільш чутливими до токсичних речовин є метанові бактерії. Наслідком токсичної дії на них різних хімічних речовин є зменшення утворення метану аж до його повного припинення.

Одним з найважливіших чинників, що впливають на швидкість росту анаеробних мікроорганізмів і ефективність розпаду осаду, є **температура**. У природі метан утворюється при температурі від 0 до 97°C. Виділяють три основні температурні зони життєдіяльності анаеробних мікроорганізмів: **психрофільну** – до 20°C (оптимум 15-17°C), **мезофільну** – від 20 до 40°C (оптимум 33-35°C) і **термофільну** – від 50 до 70°C (оптимум 53-55°C). У кожній зоні біохімічні процеси здійснюються своєю специфічною асоціацією мікроорганізмів.

Термофільне зброджування відрізняється від мезофільного більшою інтенсивністю і закінчується приблизно в 2 рази швидше, за рахунок чого удвічі зменшується необхідний об'єм споруд і поліпшуються санітарно-гігієнічні показники осадів, але вимагає майже удвічі більшої витрати тепла. Підтримка мезофільних або термофільних температур вимагає на практиці підігрівання осадів, що призводить до ускладнення технічних рішень очисних споруд.

Температура, при якій здійснюється зброджування осаду, також істотно впливає і на процес газовиділення, яке значно зменшується в інтервалі темпе-

ратур 40-50°C. Проте при зброджуванні, що нескінченно продовжується, вихід газу з розрахунку на одиницю сухої речовини завантаженого або збродженого осаду практично однаковий як для мезофільного, так і для термофільного режимів зброджування, і визначається тільки хімічним складом осаду.

При термофільному зброджуванні досягається повна дегельмінтизація осаду, тоді як в умовах мезофільних температур гине лише 50-80% всієї кількості яєць гельмінтів.

Для підтримки необхідного режиму зброджування необхідно завантаження осаду в споруди проводити рівномірно протягом доби, а для зменшення «мертвих» зон, вирівнювання температури, запобігання розшаруванню осаду і утворення кірки проводити інтенсивне перемішування осаду в камері зброджування.

Основними спорудами для анаеробної стабілізації осадів є септики, двоярусні відстійники, освітлювачі-перегнивачі і метантенки.

**Септики** – це споруди, в яких одночасно здійснюється освітлення стічних вод і анаеробне зброджування одержаного осаду.

Перевагами септиків є високий ефект виділення із стічних вод завислих речовин і простота експлуатації. Вони широко використовуються для попереднього освітлення стічних вод перед подальшим їх очищенням на полях фільтрації, піщано-гравійних фільтрах, у фільтруючих колодязях.

Для зменшення винесення з септиків завислих речовин вони влаштовуються дво- або трикамерними (залежно від продуктивності).

Об'єм зони відстоювання септиків визначається з розрахунку тридобового перебування стічних вод при витраті до 5 м<sup>3</sup>/доб. і 2,5-добового перебування - при витраті понад 5 м<sup>3</sup>/доб.

Тривалість перебування осаду в септиках складає 6-12 місяців. Унаслідок безперервного надходження нових порцій свіжого осаду, в септиках відбувається тільки перша фаза – кисле бродіння. При цьому розпад сухої речовини осаду складає близько 30%, середня вологість збродженого осаду – 90%, хоча в нижніх шарах він ущільнюється до вологості 85%. Гази бродіння піднімають на поверхню септика частинки осаду, що призводить до створення ущільненої корки завтовшки 0,35-0,4 м, а іноді і до 1 м. Осад з септиків видаляється за допомогою насосів, а 20% його залишають як «приманку».

Стічні води, що виходять з септика, набувають неприємного запаху сірководня і аміаку, мають слабокислу реакцію. Подальше їх біологічне очищення складніше, чим очищення свіжих стічних вод.

**Двоярусні відстійники** застосовують для попереднього освітлення стічних вод і одночасного анаеробного зброджування утвореного осаду, а також надмірної біоплівки або надлишкового активного мулу.

Звичайно це круглі (іноді прямокутні) в плані споруди з конічним (пірамідальним) дном. У верхній частині споруди розміщені відстійні жолоби, нижня частина (або септична мулова камера) виконує функції камери зброджування.

Тривалість освітлення стічних вод у відстійних жолобах складає 1,5 год., а ефективність їх освітлення – 40-50%. Для підвищення ефективності освітлен-

ня стічних вод жолоба двох сусідніх двоярусних відстійників влаштовують спареними.

На відміну від септиків, в мулових камерах двоярусних відстійників, відбувається метанове бродіння осаду. Тривалість зброджування складає 60-120 діб, а розпад беззольної речовини осаду – 40%. Надмірна біоплівка або надлишковий активний мул подаються для зброджування безпосередньо в мулову камеру. Із-за значного впливу температури на протікання процесів зброджування необхідно здійснювати заходи щодо запобігання переохолодженню мулової частини двоярусних відстійників.

Перемішування осаду в мулових камерах двоярусних відстійників здійснюється тільки за рахунок бульбашок газів бродіння, які підіймаються на поверхню споруди. Осад, який знаходиться в нижніх шарах мулової камери, практично не переміщується, що уповільнює процес його зброджування, він злежується і ущільнюється під дією власної ваги до вологості 85%. Середня вологість осаду, який випускається із споруди під гідростатичним тиском, складає 90%.

Перевагою двоярусних відстійників є простота конструкції і експлуатації. Але їм властиві і значні недоліки: велика глибина споруд, що збільшує вартість їх будівництва; необхідність розміщення в опалювальних приміщеннях в районах з низькими зимовими температурами; можливість зменшення до 30% ефекту освітлення стічних вод із-за проникнення в жолоби газів бродіння і частинок зброженого осаду; вірогідність забивання щілин в жолобах «зверху» при високій концентрації завислих речовин в стічних водах або «знизу» коркою, що утворюється на поверхні; ущільнення осаду в нижній частині мулової камери до вологості 85%, при якій процеси зброджування значно сповільнюються.

Подальшим розвитком конструкції двоярусних відстійників є **освітлювачі-перегнивачі**, що є спорудами, які складаються з освітлювача з природною аерацією, концентрично розміщеного у середині перегнивача.

Освітлені стічні води відводяться через круговий периферійний лоток, а затриманий осад під гідростатичним тиском самопливом поступає в насосну станцію і подається далі в перегнивач напірним трубопроводом.

У порівнянні з двоярусними відстійниками освітлювачі-перегнивачі мають істотні переваги, які полягають в наступному:

1. Освітлювач і перегнивач відокремлені один від одного, що виключає можливість попадання зброженого осаду в зону освітлення і забезпечує зниження концентрації завислих речовин в стічних водах на 70% і БСКповн на 15%.
2. Перемішування осаду в перегнивачі сприяє інтенсифікації його зброджування, робить неможливим утворення корки на поверхні і ущільнення осаду в нижній частині освітлювача.

Надмірна біоплівка і надлишковий активний мул подаються для зброджування безпосередньо в мулову частину споруди. Тривалість перебування осаду в перегнивачі визначається його вологістю, температурою зброджування і складає 20-140 діб (при вологості 95% доза завантаження складає 0,72-5,0%).

Завдяки розміщенню освітлювача у середині перегнивача (так само, як і відстійних жолобів в двоярусних відстійниках) температура осаду в освітлювачах-перегнивачах відповідає температурі очищуваних стічних вод.

**Метантенки** є резервуарами для анаеробного зброджування сирого осаду, надлишкового активного мулу або біоплівки, а також їх сумішей. На відміну від двоярусних відстійників і освітлювачів-перегнивачів в метантенках здійснюється підігрівання осадів, їх інтенсивне перемішування і отримання біогазу.

У метантенках приймається мезофільний ( $t=33^{\circ}\text{C}$ ) або термофільний ( $t=53^{\circ}\text{C}$ ) режим зброджування. На більшості станцій зброджування здійснюється в мезофільних умовах, що дає можливість вироблення біогазу в кількості, достатній як для підігріву метантенків, так і для отримання додаткового тепла. Термофільний процес дає можливість в два рази прискорити розпад органічної речовини і поліпшити санітарно-гігієнічні показники осадів, проте вимагає майже удвічі більшої витрати тепла.

При зброджуванні розпад органічної речовини осадів складає 43-53%, відповідно зменшується кількість сухої речовини і підвищується вологість осадів. Склад біогазу, що утворюється: метан – 60-70%, вуглекислий газ – 16-34%, азот – до 3%, водень – до 3%, кисень – 0,4%, оксид вуглецю – 2-4%. Теплотворна здатність метану 5000-5500 ккал/м<sup>3</sup>.

Вважається, що з існуючих форм резервуарів метантенків найкращою є циліндрова з конічними переkritтями і днищем форма, яка має максимальний об'єм при мінімальній площі поверхні, що дозволяє скоротити матеріаломісткість при будівництві і тепловтрати при експлуатації.

У верхній частині півсферичного переkritтя метантенків розташована горловина (рис. 2.3). Поверхня бродячої маси знаходиться вище за основу горловини, тому площа вільного дзеркала осаду в метантенках дуже мала, що збільшує інтенсивність газовиділення на одиницю площі і зменшує небезпеку утворення корки. У верхній частині переkritтя є ковпак для збору газу.

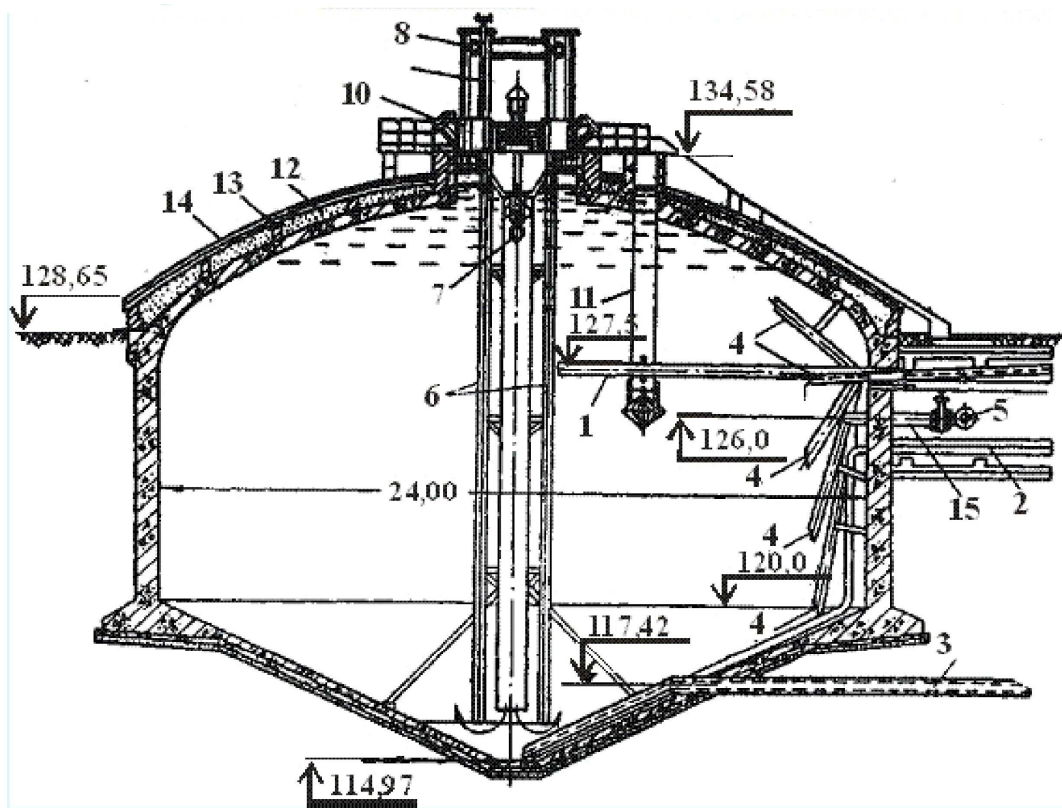
Перемішування мулу в метантенках може здійснюватися декількома способами:

- гідроелеваторами, в яких робочою рідиною служить осад, що подається насосом з нижньої зони метантенка;
- пропелерними мішалками (у вертикальному напрямі), які розміщуються в центральній трубі у середині метантенка;
- насосами без гідроелеваторів;
- рециркуляцією газів бродіння за допомогою компресорів;
- за допомогою пристроїв для підігрівання осаду (паровими інжекторами).

Одночасно відбувається підігрів вмісту метантенка гострою парою.

Теплоізоляція метантенка забезпечується за рахунок обваловки резервуару землею (або обкладання цеглиною з теплоізолюючим прошарком) і покриття куполу багат шаровим утепленням переkritтям.

У метантенках відбувається розпад (мініралізація) органічних речовин осаду за рахунок діяльності анаеробних мікроорганізмів, в процесі чого виділяється метан ( $\text{CH}_4$ ) і двоокис вуглецю ( $\text{CO}_2$ ). Ступінь розпаду органічної речовини складає в середньому 40%.



**Рис. 2.3** – Метантенк Кур'яновської станції аерації:

- 1 – трубопровід  $d=250$  мм для завантаження сирого осаду і активного мулу;  
 2 – трубопровід  $d=250$  мм для вивантаження збродженого осаду з конусної частини метантенка; 3 – трубопровід  $d=250$  мм для спорожнення метантенка (у футлярі); 4 – трубопроводи  $d=200$  мм для видалення мулової води і вивантаження збродженого осаду з різних горизонтів; 5 – паровий інжектор  $d=300$  мм для підігріву метантенків; 6 – паропроводи  $d=100$  мм (в даний час зняті);  
 7 – пропелерна мішалка; 8 – газопровід  $d=200$  мм від газового ковпака;  
 9 – труба для випуску газу в атмосферу; 10 – оглядовий люк; 11 – переливна труба; 12 – шлак; 13 – цеглина; 14 – м'яка кривля; 15 – термометр опорів

Вихід газу на  $1 \text{ м}^3$  завантажуваної суміші осаду і мулу складає в середньому  $12 \text{ м}^3$ . Газ містить до 64% метану, а 33% - азот і водень. Кількість газу, що виходить при збродженні осаду, залежить від складу осаду і на різних очисних спорудах коливається в значних межах.

Інтенсивність збродження залежить від  $t^\circ$  бродіння ( $33$  або  $53^\circ\text{C}$ ), співвідношення між кількістю знов поступаючого осаду і кількістю вже зрілого осаду, тобто добової дози завантаження, яке в свою чергу залежить від режиму збродження і вологості завантажуваного осаду (чим менша вологість, тим нижче доза (див. табл. 59 [1]), і від перемішування. Причому температура визначає швидкість процесу бродіння органічних речовин. Чим менше завантаження, тим глибше розпад беззольної речовини завантаженого осаду.

Для підтримки необхідного режиму збродження потрібно передбачати рівномірне завантаження осаду в метантенки протягом доби і обігрів їх гострою парою, що випускається через ежекторні пристрої.

Для регулювання тиску і зберігання газ (метан), що одержується в метантенках, поступає в газгольдери, місткість яких розраховується на 2-4-годинний вихід газу, тиск газу складає 1,5-2,5 кПа (150-250 мм рт.ст.).

З газгольдерів метан-газ поступає до споживачів. Розрахунок метантенків полягає в підрахунку кількості осадів, що утворюються на станції, виборі режиму зброджування, визначення необхідного об'єму споруд, ступеня розпаду беззольної речовини осаду і виходу газу з 1 кг органічної речовини осаду.

Місткість метантенків (їх об'єм) в м<sup>3</sup> визначають залежно від вологості осаду і режиму зброджування відповідно до пп. 6.350 – 6.353 [1].

Вагову кількість газу, що одержують при зброджуванні, приймають 1 г на 1 г беззольної речовини завантаженого осаду, що розпалася. Об'ємна вага газу 1 кг/м<sup>3</sup>, теплотворна здатність G 5000 ккал/м<sup>3</sup>.

Газ, що одержується в результаті зброджування осадів в метантенках, доцільно використовувати в теплоенергетичному господарстві очисної станції і близько розташованих об'єктів.

#### **4. Кондиціонування осадів**

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

Проведення вказаних операцій, яке одержало найменування «кондиціонування осадів», викликає укрупнення частинок осадів і дисперсійного середовища, що послабляє 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 добиватися глибшого і швидкого їх зневоднення. В даний час застосовують прості в експлуатації та високоефективне **хімічне** кондиціонування поліелектролітами (флокуляція) і рідше – неорганічними електролітами (коагуляція).

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

При розчиненні 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 розповсюдженню їх запаху. Синтетичні флокулянти одержали набагато більш широке застосування, ніж природні, зважаючи на кращі їх флокуляційні властивості і економічніше виробництво. Застосовують в основному катіонні синтетичні органічні поліелектроліти.

Вживані як реагенти хлорне і сірчанокисле залізо, вапно вводяться в осад у вигляді 10%-них розчинів, а флокулянти - у вигляді 0,1-0,15%-них розчинів. Дози реагентів визначають дослідним шляхом. Кондиціонування осадів звичайно проводиться перед зневодненням, оскільки осад після кондиціонування добре віддає воду.

Флокулянти – це розчинні у воді високомолекулярні речовини, вживані для відділення твердої фази від рідини, створюють з колоїдними і тонкодисперсними частинками, що знаходяться в рідкій фазі, тривимірні структури (пластівці). Для зневоднення осадів стічних вод найбільш широке застосування одержали синтетичні флокулянти - поліакриламід і сополімери на його основі. Це обумовлено рядом властивостей поліакриlamіду: продукт нетоксичний, легко полімеризується і сополімеризується з іншими мономерами.

При використанні органічних флокулянтів необхідно використовувати устаткування, яке зважає на непросту специфіку таких препаратів, що вимагають суворого контролю як в процесі зберігання і розчинення, так і в процесі насосного транспортування. Головною умовою є отримання доспілого однорідного розчину і подача в точку споживання спеціальними насосами, які за рахунок своєї конструкції не допускають механічного руйнування довголанцюгових молекул середовища.

Головною причиною неефективного використання порошкоподібних і гранульованих органічних флокулянтів є утворення нерозчинних грудок (злипання гранул) на першому етапі замочування. Важливо спеціальним шнеком створити інжекцію сипкого продукту і під певним кутом направити струмінь води, в цьому випадку забезпечується змочування кожної частинки, після чого не відбудеться злипання. Важливим елементом є робота мішалки з лопатями певної форми, яка забезпечує плавне і одночасно інтенсивне перемішування дуже в'язкого розчину із-за високої молекулярної маси сухих продуктів. При цьому забезпечуються дві необхідні умови:

1) Повне розчинення - дозрівання розчину, а отже, його 100% використання і виключення проскакувань недорозвинених гранул. Іноді ця умова знижує необхідний ефект і одночасно для його отримання вимагає підвищення доз за сухим продукту до 30% .

2) Забезпечення цілісності молекул при використанні для перемішування або стислого повітря, або мішалки з лопатями, які створюють щадні умови перемішування, не руйнуючи навіть при високих оборотах довголанцюгової розкритої молекули.

Неправильно сконструйований вузол приготування розчину впливає на структуру розчину: довга молекула руйнується, розриваючись на окремі шматки, і тому розчин приходить в практично непридатний стан. Окрім цього, устаткування насосного дозування, повинне бути шнекового або, в крайньому випадку, плунжерного типу. Не допускається використання лопатевого типу насосів.

На практиці концентрація робочого розчину флокулянту варіюється від 0,1 до 0,15%, це збільшення не робить впливу на ефективність процесу зневоднення осадів.

При розбавленні водних розчинів флокулянтів в'язкість зменшується, внаслідок чого можливе руйнування полімеру при механічній дії - перемішуванні за допомогою мішалки, а також при подачі готового розчину флокулянту насосом. Тому перемішування розчину флокулянту необхідно проводити тільки тихохідними мішалками.

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

- одностадійна – приготування розчину 0,1-0,15%-ної концентрації;
- двохстадійна - приготування розчину 0,5-1,0%-ної концентрації та подальше її доведення (розбавлення) до робочої концентрації 0,1-0,15%.

Необхідно відзначити, що дозування порошкоподібного флокулянту не допускається без застосування диспергатора, що забезпечує змочування зерен флокулянту.

Практика роботи цехів обробки осаду на станціях аерації показала, що із збільшенням об'ємів зневоднюваних осадів двостадійне приготування флокулянту є продуктивнішим і економічнішим.

Для розчинення флокулянту використовуються круглі або квадратні в плані баки, співвідношення їх робочої висоти до діаметру або сторони квадрата складає 1:1 - 1,1:1. Стіни і днища баків залежно від розмірів виконуються із залізобетону або сталі, внутрішні поверхні футеруються матеріалами, що запобігають корозії. Днища баків мають ухил не менше 0,01 до трубопроводу спорожнення. Трубопроводи, які відводять робочий розчин, для запобігання засмоктування в них можливих донних відкладень розміщують вище за дно бака на 10-20 см.

Приготування розчинів флокулянтів здійснюють за допомогою механічних мішалок. Для цієї мети використовують турбінні або пропелерні мішалки різних модифікацій, що вмонтовуються на вертикальному валу в бак (відстань від дна бака до лопатей мішалки повинна дорівнювати діаметру мішалки). Вали встановлюють в баках на відстані 0,3 м від центральної осі бака. Рекомендоване число лопатей мішалок 3-6. З пропелерних найчастіше застосовують мішалки з кроком пропелера, рівним діаметру мішалки.

Для приготування розчину флокулянту мішалки створюють певну інтенсивність перемішування: окружна швидкість обертання мішалки складає 1,5-4,0 м/с (великі швидкості не допускаються, оскільки в цьому випадку відбудеться розрив молекулярних ланцюгів флокулянту); швидкість циркуляції розчину в баку 40-60 об/год.

При одноразовому проходженні через відцентровий насос робочий розчин флокулянту втрачає до 83% своєї активності (ефективності), при проходженні через гвинтовий насос - до 8%. При подачі за допомогою стислого повітря - до 10%. Оскільки при зневодненні осадів потрібно по можливості точніше дозування розчину флокулянту, а також наявність умов для автоматизації цього процесу, то перекачування розчинів флокулянту слід здійснювати тільки гвинтовими насосами.

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.

При швидкості потоку робочого розчину флокулянту, відмінній від оптимальної, знижується ефект затримання сухих речовин на центрифuzі або зростає доза флокулянту. Іншою умовою ефективного використання флокулянту



для конкретної центрифуги є правильний вибір діаметру сопла, через який подається розчин флокулянту.

До **безреагентних** методів кондиціонування осаду відносяться теплова обробка і заморожування з подальшим відтаванням. Теплова обробка полягає в нагріванні осаду до температури 170-220°C і витримці їх при цій температурі в закритих ємкостях - автоклавах, реакторах протягом 30-120 хв.

Осад після теплової обробки швидко ущільнюється до вологості 92-94%, тобто його об'єм скорочується в 2-4 рази, причому зневоднюються осадки без обробки їх хімічними реагентами.

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

### **5. Методи зневоднення осадів**

Істотне зменшення об'єму осадів стічних вод здійснюється або в природних умовах (на мулових майданчиках, ставках), або в штучних умовах (на фільтрпресах, центрифугах та ін.). Після зневоднення осади зменшуються в об'ємі в 7-15 разів, тобто мають вологість 55-80%.

#### **Природне зневоднення осаду на мулових майданчиках**

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

Механізм дії мулових майданчиків в основному зводиться до наступних процесів:

- ущільнення осаду і видалення рідкої фази з поверхні;
- фільтрація рідкої фази через шар осаду і видалення її за допомогою дренажної системи;
- випаровування рідини з вільної поверхні осаду.

При підсушуванні, залежно від конструкції майданчика і властивостей осаду, вказані процеси можуть поєднуватися один з іншим.

Мулові майданчики складаються з карт, оточених з усіх боків валиками. Розміри карт і число випусків визначають виходячи з вологості осаду і способу прибирання після підсихання.

Осад, розлитий по картах, підсушується переважно за рахунок випаровування води. Частина води профільтровується через дренаж або в ґрунт (майданчики на природній підставі). Підсушений осад згрібають бульдозером або скрепером, навантажують в автомашини і відвозять на подальшу утилізацію. Вологість підсушеного осаду складає близько 75%. На мулових майданчиках влаштовують дороги з пандусами для з'їзду на карти автотранспорту і засобів механізації.

Робоча глибина карт - 0,7-1 м; висота захисних валиків на 0,3 м вище за робочий рівень осаду на карті. Число карт - не менше чотирьох. Площа муло-

вих майданчиків залежить від кількості осаду, його характеру і кліматичних умов. Навантаження осаду на мулові майданчики ( $\text{м}^3/\text{м}^2$  рік) приймають за [1] (табл. 64).

Корисна площа мулових майданчиків визначається за формулою

$$S = \frac{V_{oc}}{K}, \text{м}^2, \quad (2.1)$$

де  $V_{oc}$  - кількість осаду, що подається на мулові майданчики,  $\text{м}^3/\text{рік}$ ;

$K$  - навантаження,  $\text{м}^3$ , що доводиться на  $1 \text{ м}^2$  майданчик мулу в рік.

Повна площа повинна бути на 20-40% більше за корисну. Ця площа необхідна для устрою валиків і доріг.

Взимку осад на мулових майданчиках, заморожується. Для зимового намерозування допускається використання 80% майданчиків, а 20% призначається для використання в період весняного танення намерозеного осаду.

Відведення мулової води з мулових майданчиків слід передбачати на очисні споруди, при цьому споруди розраховують з урахуванням додаткових забруднюючих речовин і кількості мулової води. Додаткові кількості забруднюючих речовин від мулової води належить приймати: при сушці зброджених осадів – за завислими речовинами 1000-2000 мг/л, за БСКповн - 1000-2000 мг/л (великі значення для майданчиків-ущільнювачів); мулова вода з ущільнювачів аеробно-стабілізованого осаду повинна прямувати в аеротенки; її забруднення приймати: БСКповн 200 мг/л, за завислими речовинами до 100 мг/л; вологість ущільненого осаду 96,5-98,5%.

#### **Механічне зневоднення осаду**

Зневоднення осадів стічних вод на мулових майданчиках 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, фільтрпресах, центрифугах або інших апаратах.

При фільтруванні відбувається процес відділення твердих частинок від рідини при різниці тиску над фільтрувальним середовищем і під нею. Фільтруючим середовищем на барабанних вакуум-фільтрах і фільтрпресах є фільтрувальна тканина і шар осаду, що налипає на тканину в процесі фільтрування. Первинне 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.

При фільтруванні рідина протікає через пористу масу і утворюється шар осаду (кека). При збільшенні шару кека зменшується швидкість протікання рідини (фільтрату).

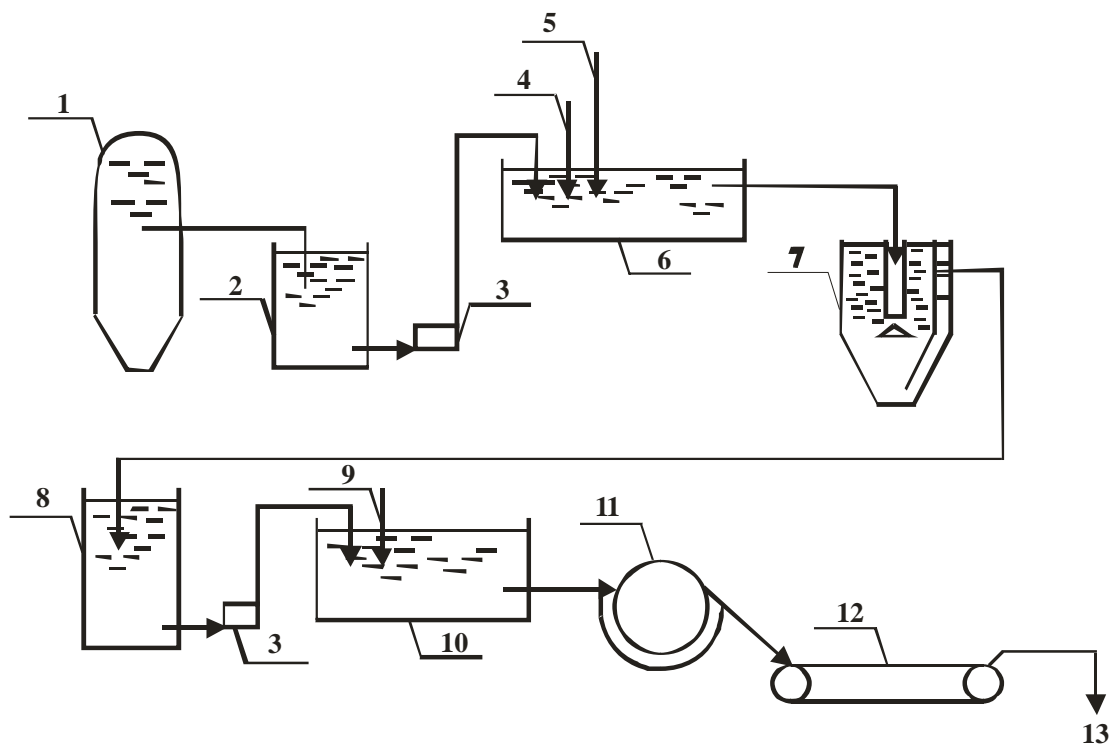
У зоні фільтрування осад фільтрується під дією вакууму (у барабанних вакуум-фільтрах), а на фільтрпресах – під тиском. Вологість зневодненого осаду (кека) складає 60-80%.

Осади перед подачею на механічне зневоднення піддаються коагуляції, дякуючи чому частинки осаду об'єднуються з пластівцями реагентів в крупні

агрегати і осад легше віддає воду. Реагенти вводяться безпосередньо перед подачею осаду на механічне зневоднення (перед фільтрпресами, центрифугами).

Зброджений осад, вивантажуваний з метантенка, перед подачею на механічне зневоднення піддається промивці технічною водою протягом 15-20 хв. з розрахунку 2-4 м<sup>3</sup> води на 1 м<sup>3</sup> осаду і продувається повітрям в об'ємі 0,5 м<sup>3</sup> на 1 м<sup>3</sup> суміші осаду і води. Потім ця суміш прямує в мулозгущувачі, де протягом 12-24 год. ущільнюється осад і видаляється вода. Мулова вода, що містить до 1,5 г/л завислих речовин і БСК до 900 мг/л, прямує на очисні споруди, а ущільнений осад (кек) вологістю 94-96% піддається коагуляції і потім поступає на зневоднення.

Осад після такої обробки має нижчий питомий опір і значно легше віддає воду.



**Рис. 2.4 – Схема підготовки осаду до механічного зневоднення:**

- 1 – метантенк; 2 – збірний резервуар; 3 – плунжерний насос;
- 4 – подача води; 5 – подача стислого повітря; 6 – промивка осаду;
- 7 – ущільнювач; 8 – резервуар ущільненого осаду; 9 – подача коагулянту;
- 10 – відділення коагуляції; 11 – вакуум-фільтр; 12 – конвейер;
- 13 – подача осаду у відділення термічної сушки

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

Барабанний вакуум-фільтр – це горизонтально розташований барабан, що обертається, частково (на 35-40%) занурений в ємкість з осадом. Барабан має дві стінки: внутрішню – суцільну і зовнішню – перфоровану, обтягнуту фільт-

руючою тканиною з синтетичних волокон (капрону, хлорину, нітрону, лавсану). Простір між стінками барабана розділений радіальними суцільними перегородками на секції, які не зв'язані між собою.

Осад фільтрується під дією вакууму (300-500 мм рт.ст.) через тканину, а фільтрат відводиться по колектору. Після виходу барабана з осаду починається підсушування кека, що налипнув на тканину, атмосферним повітрям. Повітря, яке проходить через шар кека, разом з водою відводиться по вакуумній лінії. Робочий цикл вакуум-фільтра включає три послідовні операції: фільтрування; зневоднення (просушування); видалення кека.

Зрізаний ножом кек поступає на конвейєр, далі - в бункер або на автомобіль і вивозиться за межі цеху. Для поліпшення фільтруючої здатності тканину через 8-24 год. роботи фільтру регенерують – промивають інгібірованою кислотою або розчином ПАР.

Барабанний вакуум-фільтр, регенерація фільтрувальної тканини у якого проводиться безперервно, називається барабанним вакуум-фільтром з полотном, що сходить. Фільтри даної конструкції мають ряд переваг перед звичайними фільтрами. Вони дозволяють:

- а) підтримувати постійну проникність фільтрувальної тканини;
- б) здійснювати повніше розвантаження осаду;
- в) працювати з тоншими шарами осаду, що веде до скорочення витрати хімічних реагентів для коагуляції важкофільтруємих суспензій і збільшенню частоти обертання барабана;
- г) запобігати розрідженню осаду видувним з колектора фільтратом;
- д) скорочувати простій фільтрів при заміні фільтрувальної тканини.

Їх застосування особливо ефективно, коли осади стічних вод за своєю структурою здатні швидко замулювати фільтрувальну тканину (сирі осади з первинних відстійників).

Вологість осаду (кека) після барабанного вакуум-фільтра складає 72-87% залежно від характеристики оброблюваного осаду, а продуктивність - 8-40 кг сухої речовини осаду на 1 м<sup>2</sup> поверхні фільтру в час.

**Зневоднення осаду на фільтрпресах** полягає у видаленні води під дією надлишкового тиску, який створюється з боку осаду. Фільтрпреси застосовують в тих випадках, коли осад після зневоднення направляють на сушку або спалювання, або коли необхідно одержати осади для подальшої утилізації з мінімальною вологістю.

Фільтрпреси розрізняють рамні, камерні типу ФПАКМ, стрічкові, барабанні і гвинтові (шнекові). В порівнянні з барабанними вакуум-фільтрами, за інших рівних умов, після зневоднення осаду на фільтрпресах виходять осади з меншою вологістю - 55-75%.

Фільтрпрес ФПАКМ (фільтрпрес автоматичний камерний модернізований) складається з декількох фільтрувальних плит і фільтрувальної тканини, протягнутої між ними за допомогою направляючих роликів. У нижній частині фільтру розташовується натискова плита, яка стискає фільтрувальні плити в герметичний блок. Фільтрувальні плити мають у верхній своїй частині дренажний простір для відведення профільтрованої води, а нижня частина служить для

напуску осаду. Верхня і нижня частини розділені гумовою діафрагмою, всередину якої подається вода під тиском 15 атм. Робочий цикл фільтрпреса складається із стиснення плит, подачі осаду в нижню частину фільтрувальної плити, власне фільтрації осаду через тканину під тиском до утворення щільного шару на тканині. Потім подача осаду припиняється, починається пресування намотого на тканині шару. подача води в діафрагми створює тиск на шар осаду і з нього віджимается додаткова кількість води. Після закінчення віджимання плити розсовуються і тканина за допомогою барабана приводиться в рух. Осад, ущільнений на 55-75%, знімається з фільтрувальної тканини на конвейер, а тканина промивається і очищається в камері регенерації тканини.

При пресуванні фільтру подачу осаду проводять під тиском не менше 6 кгс/см<sup>2</sup> (0,6 МПа); витрата стислого повітря на просушування осаду 0,2 м<sup>3</sup>/хв. на 1 м<sup>2</sup> фільтрувальної поверхні; тиск стислого повітря 6 кгс/см<sup>2</sup> (0,6 МПа); витрата промивної води 4 л/хв. на 1 м<sup>2</sup> поверхні; тиск промивної води 3 кгс/см<sup>2</sup> (0,3 МПа).

Продуктивність фільтрпресів і вологість кека при зневодненні осадів стічних вод залежать від виду оброблюваного осаду і визначаються за табл. 62 [1].

Фільтрпреси є апаратами періодичної дії.

Перед зневодненням осаду на фільтрпресах також вводяться реагенти або флокулянти. Періодично фільтрувальну тканину промивають. Зневоднений осад скидається на стрічковий конвейер, потім в бункер-накопичувач або на автотранспорт і вивозиться. Фільтрат відводиться по трубопроводу в каналізаційну мережу на майданчику очисних споруд.

При необхідності перед подачею на фільтрпрес в осад вводяться хімічні реагенти – хлорне залізо, вапно, ПАА та ін.

Найефективніше зневоднюються на камерних фільтрпресах осідання мінерального походження виробничих стічних вод. Осади міських стічних вод зневоднюються гірше.

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

Центрифугування осадів знаходить все більше розповсюдження, оскільки цей метод є досить простим в експлуатації, економічним; це процес, яким легко управляти, але вологість кека в порівнянні з кеком, одержаним після фільтрпресування, вище.

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

Основними недоліками методу є поки що висока вартість флокулянтів, а при центрифугуванні без флокулянтів – низька ефективність затримання сухої речовини осаду, тобто утворюється фугат з високими значеннями БСК, ХСК,

вмістом завислих речовин, і його необхідно направляти на подальшу обробку на споруди біологічного очищення, збільшуючи тим самим навантаження на них. Тому основним стримуючим чинником застосування центрифуг є використання флокулянтів, оскільки наша промисловість випускає обмежене число флокулянтів, а імпорتنі дуже дорогі. Для зневоднення осадів стічних вод застосовують серійні, безперервно діючі осаджувальні шнекові центрифуги типу ОГШ. Основними елементами центрифуги є конічний ротор з суцільними стінками і порожнистий шнек. Ротор і шнек обертаються в один бік, але з різними швидкостями. Під дією відцентрової сили частинки осаду відкидаються до стінок ротора і внаслідок різниці частоти обертання ротора і шнека переміщуються до отвору в роторі, через які зневоднений осад вивантажується в бункер кека, а фугат (рідка фаза) відводиться через отвори, що розташовані з протилежної сторони ротора.

Ефективність затримання твердої фази осідання і вологість кека залежать від характеристики зневоднюваного осаду. Найбільша кількість завислих речовин міститься у фугаті при центрифугуванні активного мулу. При зневодненні осаду на центрифугах виникає проблема подальшої обробки фугата. Розроблений ряд технологічних схем як обробки фугата, так і осаду (роздільне центрифугування сирого осаду і активного мулу, суміші осадів та ін.).

Підбір центрифуг ведеться за їх пропускною спроможністю і за кількістю вихідного осаду, а ефективність затримання сухих речовин і вологість кека залежать від характеристики оброблюваного осаду. За табл. 63 СНіП [1] ефективність затримання сухої речовини рівна 10-65%, а вологість кека 60-85%.

Перед подачею осаду на центрифугу передбачається видалення з нього піску. При подачі фугату після центрифуг на очисні споруди необхідно враховувати збільшення навантаження на них за БСК і завислими речовинами залежно від ефективності затримання сухої речовини.

При введенні в осад флокулянту продуктивність центрифуг зменшується у два рази, та зато ефективність затримання сухої речовини збільшується до 90-95%.

## **6. Знезараження осадів**

Як вказувалося раніше, осади міських стічних вод містять значну кількість мікроорганізмів (у тому числі і патогенних), вірусів, яєць гельмінтів, сальмонелл і тому є небезпечними в санітарному і інфекційному відношенні. У зв'язку з цим осади повинні піддаватися знезараженню. Ступінь знезараження осадів контролюється за вмістом в них яєць гельмінтів, патогенних і умовно-патогенних бактерій, сальмонелл, ентеробактерій і кишкової палички. При необхідності визначається вміст в осадах збудників різних захворювань.

При використанні осадів як добрива в них не повинно бути сальмонелл і життєздатних яєць гельмінтів, число кишкових паличок не повинне перевищувати 10<sup>4</sup>, а ентерококів – 10<sup>3</sup> кл/л.

Осади можуть знезаражуватися в рідкому вигляді, після підсушування на мулових майданчиках і після механічного зневоднення.

Для знезараження і знешкодження осадів можуть використовуватися **термічні** (прогрівання, сушка, спалювання), **біотермічні** (компостування), **хіміч-**

ні (обробка хімічними речовинами) і **біологічні** (знищення мікроорганізмів простішими, грибками і рослинами ґрунту) методи, а також різноманітні види **фізичної дії**: радіація, струм високої частоти, ультразвук, ультрафіолетове випромінювання. У наш час на практиці використовуються в основному термічні, біохімічні, хімічні методи знезараження осадів, а також із застосуванням інфрачервоного випромінювання.

**Знезараження рідких осадів нагріванням** до температури 100°C при експозиції в декілька хвилин забезпечує загибель яєць гельмінтів і відмирання патогенних мікроорганізмів. При температурах 52-56°C упродовж 5 хв. гине багато патогенних бактерій, при температурі – 62-74°C і тривалості експозиції близько 30 хв. відмирають віруси. Згідно з [1] знезараження і гельмінтизацію сирих, мезофільно зброджених і аеробно стабілізованих осадів слід здійснювати шляхом їх прогрівання до 60°C і витримки при цій температурі не менше 20 хв. Проте, як показали результати досліджень, для повного знешкодження патогенних бактерій і яєць гельмінтів при температурі 60°C тривалості експозиції повинна складати не менше 4 год. Знешкодження осаду при тривалості експозиції 20 хв. забезпечується при температурах більше 75°C.

Найчастіше термічну стабілізацію осадів здійснюють в трубчастих теплообмінниках, використовуючи як теплоносії гарячі гази або пару, або в пристроях типу апаратів поглибленого горіння. Проте слід враховувати, що стабілізація втрачає сенс, якщо потім осад довго не утилізувався, оскільки в ньому можуть повторно розвиватися мікроорганізми, небезпечні в санітарному відношенні.

**Хімічне знезараження осадів** здійснюється у разі подальшого використання їх в сільському господарстві як органічне добриво. Для хімічного знезараження осадів використовують аміак, тіазон, формальдегід і сечовина. Залишковий вміст в осадах названих речовин запобігає реактивації патогенних мікроорганізмів і підтримує стабільність осадів.

За кордоном, зокрема в США, великого поширення набула обробка осадів гашеним і негашеним вапном, унаслідок чого досягається їх стабілізація і знезараження, поліпшується водовіддаюча здатність. Введення гашеного вапна в осад створює лужне середовище, що призводить до припинення процесів гниття і до загибелі яєць гельмінтів. Тривалість витримки осаду після обробки гашеним вапном повинна бути понад дві доби при початковому значенні рН близько 12,5. Ефективнішим є використання негашеного вапна, при змішенні якого з осадом температура його зростає до 55-70°C за рахунок екзотермічних реакцій.

**Радіаційний спосіб знезараження осаду** полягає в його обробці прискореними електронами і гамма-випромінюванням дозою в 1 Мрад і вище, що повністю знищує патогенні бактерії і яйця гельмінтів. Після такої обробки осад може безперешкодно використовуватися як добриво. При опромінюванні необхідно створювати рівномірний шар осаду товщиною, яка не перевищує проникаючу здатність електронів.

**Дегельмінтизація осадів**, тобто знищення яєць гельмінтів, здійснюється як в рідких, так і в механічно зневоднених осадах. Найпростіше дегельмінтизу-

ють рідкі осади: у них вводять гостру пару і перемішують всю масу осаду для прогрівання до температури 60-65°C.

Для гелмінтизації механічно зневоднених осадів застосовується установка з газовими пальниками інфрачервоного випромінювання. Вона складається з пластинчастого конвейєра з приймальним бункером і газових пальників інфрачервоного випромінювання. У середині приймального бункера є спеціальні рамки, які формують на конвейєрі шар осаду завтовшки 10-25 мм. Рухаючись на конвейєрі, осад прогрівається до 60°C. Такі установки рекомендують використовувати на станціях пропускнуою спроможністю до 20-30 тис. м<sup>3</sup>/доб. стічних вод.

**Біотермічна обробка (компостування) осадів стічних вод.** Ефективність біотермічного процесу залежить від фізико-хімічного складу осадів, умов життєдіяльності мікроорганізмів, типу наповнювачів, умов аерації, гомогенізації і тепломасообміну. Розроблені технологічні схеми біотермічної обробки механічно зневоднених або підсушених на мулових майданчиках осадів стічних вод в штабелях з наповнювачами, в штабелях спільно з твердими побутовими відходами, в біобарабанах на смиттеперероблювальних заводах, в траншеях з перемішуванням, гомогенізацією і насиченням повітрям. У процесі біотермічного розкладання органічних сполук осадів під дією мікроорганізмів спостерігається перехід від мезофільного до термофільного режиму, у зв'язку з чим зростають швидкості біотермічних реакцій.

При здійсненні біотермічного процесу в аеробних умовах компостування осаду здійснюється з наповнювачами: твердими побутовими відходами, тирсою, листям, корою, сухим осадом стічних вод. Штабелі компосту мають висоту 1,5-3 м при природній і до 5 м при примусовій аерації. Для формування штабелів використовують механізми – крани, бульдозери, екскаватори. Для аерації в основу укладають перфоровані труби діаметром 100-200 мм з отворами діаметром 5-10 мм. Витрата повітря складає 10-25 м<sup>3</sup>/год. на 1 т органічної речовини осаду. Для збору поверхневого стоку по контуру траншеї влаштовують лотки.

Компостовану масу необхідно вкривати яким-небудь матеріалом для теплоізоляції і запобігання розмноженню мух. Тривалість процесу компостування в штабелях складає 3-4 місяці. Компост має вигляд сипкого матеріалу. Він містить необхідні елементи для зростання і розвитку рослин, речовини, що підвищують родючість ґрунтів, корисну мікрофлору.

При біотермічній обробці суміші осаду стічних вод і твердих побутових відходів останні перед компостуванням піддаються сортуванню і подрібненню, з них видаляються чорні і кольорові метали. Якщо компостування суміші твердих побутових відходів і осаду здійснюється на смиттеперероблювальних заводах, то в цьому випадку можна використовувати спеціальні апарати – ферментатори, біобарабани, а також штабелі з механізацією всіх робіт, пов'язані з експлуатацією штабелів.

#### **Контрольні запитання:**

1. Назвіть основні технологічні процеси обробки осадів стічних вод.
2. Опишіть принципову схему утворення і обробки осадів стічних вод.



3. Якими способами може проводитися ущільнення осадів стічних вод?
4. Які споруди застосовуються для гравітаційного ущільнення осадів стічних вод?
5. Як здійснюється флотаційне ущільнення осадів стічних вод?
6. Чому не знайшло широкого застосування відцентрове ущільнення осадів стічних вод?
7. Навіщо застосовується стабілізаційна обробка осадів стічних вод?
8. У чому різниця між аеробною і анаеробною стабілізацією осадів стічних вод?
9. Як здійснюється аеробна стабілізація осадів стічних вод?
10. Які технологічні параметри визначають ефективність процесу анаеробного зброджування?
11. Опишіть процес обробки осаду стічних вод в септиках.
12. Опишіть особливості застосування двоярусних відстійників.
13. У чому переваги освітлювачів-перегнивачів в порівнянні з двоярусними відстійниками?
14. Яким чином може здійснюватися перемішування осаду в метантенках?
15. Навіщо застосовується кондиціонування осадів стічних вод?
16. У чому полягає хімічне кондиціонування осадів стічних вод?
17. Які застосовуються методи зневоднення осадів стічних вод?
18. Як здійснюється зневоднення осаду на мулових майданчиках?
19. Яким чином може здійснюватися механічне зневоднення осадів стічних вод?
20. Як здійснюється підготовка осаду до механічного зневоднення?
21. У чому полягає зневоднення осадів на вакуум-фільтрах?
22. Як проводиться зневоднення осадів на фільтрпресах?
23. Опишіть принцип роботи центрифуг, вживаних для зневоднення осадів стічних вод.
24. Які способи можуть бути використані для знезараження осадів стічних вод?
25. Дайте характеристику біотермічній обробці осадів стічних вод.

## **Тема 2. Утилізація осадів і біогазу метантенків**

- 1. Утилізація осадів каналізаційних очисних станцій.**
- 2. Технологічні рішення комплексу споруд для отримання і утилізації біогазу.**

### ***1. Утилізація осадів каналізаційних очисних станцій***

Серед численних екологічних проблем проблема осадів стічних вод є однією з найбільш важливих. Складність полягає не тільки в технологічній стороні питання, але і в законодавчій базі. Пред'являючи все більш жорсткі вимоги до якості очищення стічних вод, законодавство не регламентує питання переробки і утилізації осадів. Результатом цього є вторинне забруднення навколишнього середовища на стадії невизначеного довгого зберігання.

Питання утилізації зневоднених осадів стічних вод підіймалося російськими вченими ще в 1914 році, їх рекомендувалося використовувати як добриво або пальне. В даний час накопичений значний досвід з використання осадів міських і виробничих стічних вод [9]. Визначені основні напрями утилізації осадів [14] представлені на рис. 2.5.

#### *Сільськогосподарське використання*

Найбільша кількість осадів у країні в цілому утворюється в результаті очищення муніципальних стічних вод, до середини 90-х років минулого століття кількість осаду по країні складала 100 млн. м<sup>3</sup> 96% вологості або близько 3 млн. т за сухою речовиною. За складом цей осад практично відповідає перегною, поступаючись останньому тільки за вмістом калію; очевидним є його використання в сільському господарстві як добрива.

У табл. 2.1 представлений середній вміст біогенних речовин в осадах в порівнянні з перегноем і твердими побутовими відходами (ТПВ).

Відходи стічних вод виробничих підприємств також успішно можуть утилізуватися в сільському господарстві. Металургійні шлами, які містять значну кількість вапна, можуть використовуватися для кондиціонування кислих ґрунтів. Осади органовміщуючих стічних вод харчової, целюлозно-паперової і гідролізної промисловості за вмістом біогенних елементів перевершують осади муніципальних стічних вод, що зумовлює успішне їх використання в якості добрива.

Високий вміст білків, амінокислот, мікроелементів і вітамінів в надлишковому активному мулі дозволяє використовувати його як харчові добавки для різних галузей тваринництва. Зокрема вітчизняними вченими запропоновано застосування розробленого на його основі кормового продукту «белвітамілу». Добавка в харчовий раціон тварин і птахів даного продукту збільшує вихід м'ясних продуктів, підвищує яйцenessкість курей, покращує смакові якості і зменшує витрати кормів.

Крім безпосереднього використання осадів як добрива, можливо виробництво на їх основі компостів. Цей спосіб утилізації має ряд переваг, а саме дозволяє спростити транспортування, відкоректувати склад.

#### *Регенерація цінних продуктів*

Починаючи з 80-х років, в США застосовується компостування осаду спільно з твердими побутовими відходами з метою отримання біогазу. До теперішнього часу близько 120 місць депонування використовують спеціальні реактори, де відбувається анаеробне бродіння. Реактор є послідовністю шарів, нанесених на водонепроникну основу. Біогаз збирається пористим спеціальним газовідвідним шаром. Після завершення процесу бродіння компост використовується для кондиціонування збіднених ґрунтів.

Стічні води первинної обробки шерсті висококонцентровані і містять велику кількість шерстного жиру. Очищення стоків флотаційною сепарацією дозволяє затримати близько 50% шерстного жиру. Після розділення з шерстю жирні стоки подаються в теплообмінник, де охолоджуються з 45 до 30°C, потім прямують в імPELLерні флотаційні апарати. Концентрована жировміщуюча піна після флотаторів перекачується в бак підігріву емульсії, звідти на первинні сепаратори, де розділяється на три фракції: жирову, грязьову і водяну. Жирові

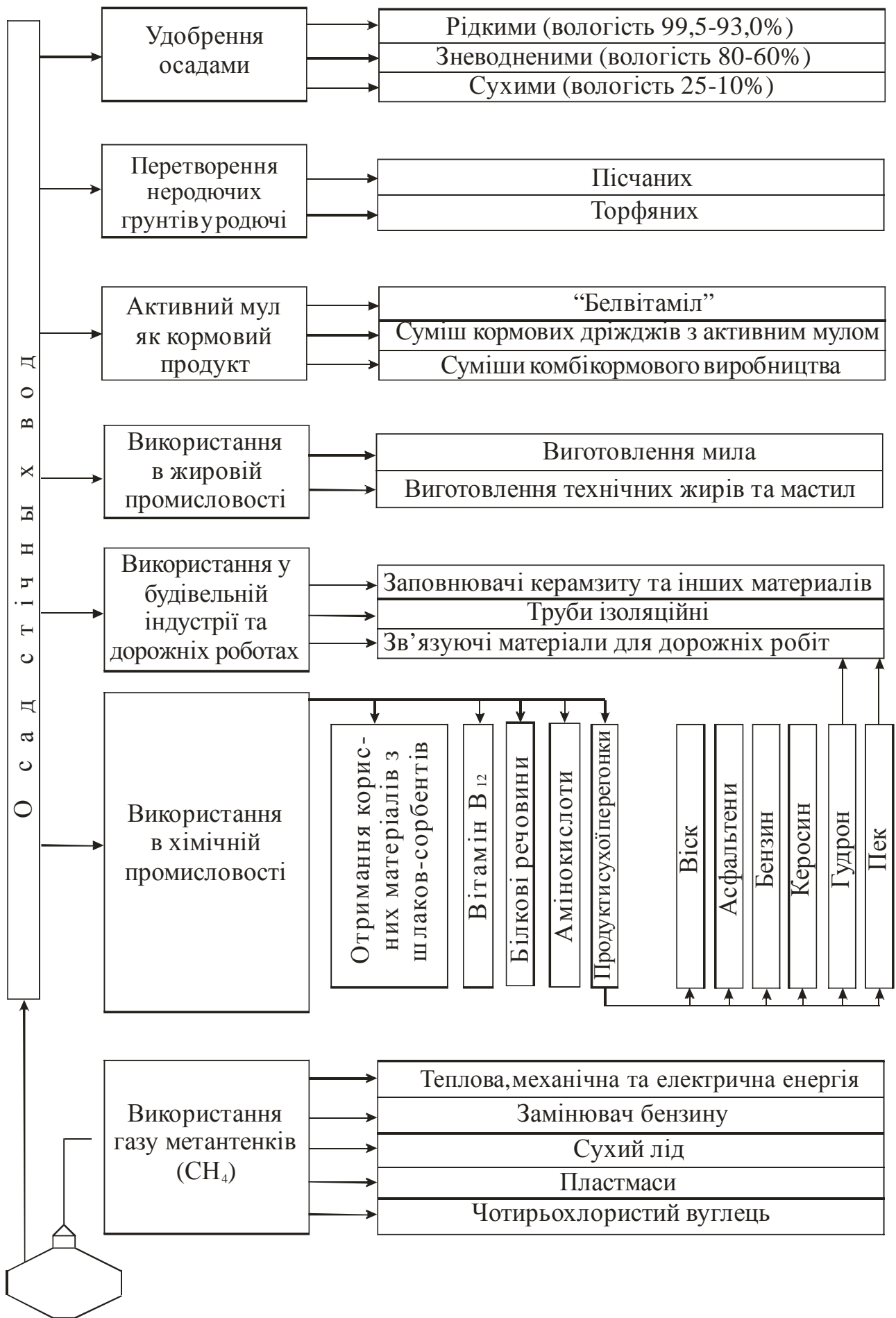


Рис. 2.5 – Основні напрями утилізації осадів стічних вод

**Таблиця 2.1 – Агрономічна цінність осадів стічних вод, перегною та твердих побутових відходів**

<i>Добрива</i>	<i>Вміст, % від маси сухої речовини</i>				
	<i>азоту загального</i>	<i>фосфора загального</i>	<i>калію</i>	<i>кальцію</i>	<i>магнію</i>
Гній кінський	2,16	1,79	1,80	1,66	0,53
Гній коров'ячий	2,00	1,02	2,22	-	-
Сміття міське (ТПВ)	1,64	1,00	0,30	-	-
Осад сирий з первинних відстійників	3,20	1,80	0,15	-	-
Осад, зброджений після первинних відстійників та мулових майданчиків	3,02	2,33	0,21	3,48	-
Теж, разом з активним мулом	3,03	3,70	0,18	3,29	0,95
Після механічного зневоднення та термічної сушки	1,96	3,92	0,007	5,21	5,81
Зброджений осад, підсушений на мулових майданчиках	1,3	2,54	0,28	-	-
Вимоги до якості осаду, використовуваного як добриво	>0,60	>1,50	>0,15	-	-

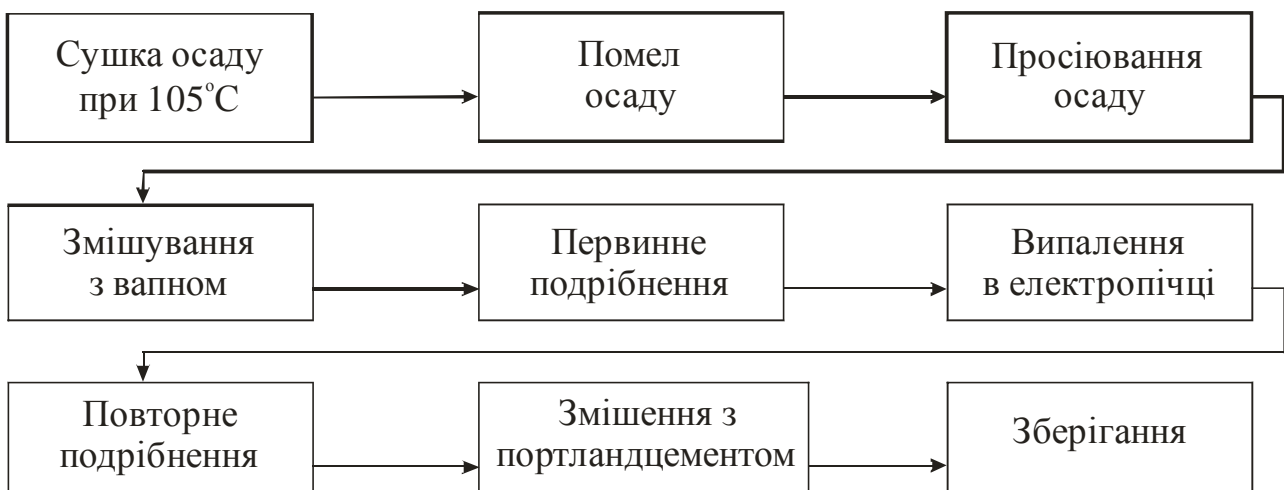
води подаються на вторинні сепаратори, після яких виходить висококонцентрований технічний жир. Одержуваний таким чином жир використовується як ефективний антикорозійний засіб для зберігання машинних виробів, як мастило для підшипників, воно має високотемпературну точку плавлення. Ланолін, що виділяється з технічного жиру, широко використовується в косметичній промисловості.

Соли важких металів, які містяться в стічних водах гальванічних виробництв, потрапляють в міську каналізацію, потім на муніципальні очисні споруди, де опинюються в осаді і надалі утрудняють утилізацію останнього в сільському господарстві. Одночасно з цим втрачається значна кількість цінних компонентів, які можливо повторно використовувати в гальванічному виробництві. У Великобританії розроблений спосіб утилізації нікелю, міді і цинку з гідроокисного шламу гальванічних ванн, витягуючи їх вилуговуванням. Мідь і нікель витягуються послідовно з вилуговуючого розчину рідинною екстракцією. Потім цинк виділяється з розчину при термічній відгонці аміаку у вигляді карбонату. Вилуговуючий розчин змішується з відігнаним аміаком, після чого повторно використовується для виділення металовмісних відходів.

### *Виробництво будівельних матеріалів*

Осад стічних вод може служити сировиною для виробництва будівельних матеріалів. Можна виділити наступні напрями: використання осаду у виробництві цементу; у виробництві керамічної цеглини; застосування золи після спалювання осадів як наповнювач для бетону, асфальту; використання одержуваного при плавленні осадів шлакокамня в будівництві автомобільних доріг. Відходи очищення стічних вод титаномagneзних виробництв знаходять застосування для виробництва терпкої речовини, на основі якої можна проводити штукатурні розчини, штучний мармур, термоізоляційні матеріали, основи під чисту полу та ін. Волокновміщуючі осади стоків целюлозно-паперових комбінатів успішно використовуються для виробництва волокнистих плит. На основі осадів надсмольних вод, що одержуються при очищенні стоків підприємств синтетичних смол, успішно готуються різні пластмасові вироби, які в три-чотири рази дешевше, вони влаготермостійкі і відрізняються підвищеними діелектричними властивостями.

Широко відомі дослідження з використання золи, одержаної при спалюванні осаду, при виробництві цементу. Але останнім часом розроблена технологія утилізації стабілізованого і зневодненого осаду як компоненту при виробництві портландцементу. На рис. 2.6 представлена схема отримання наповнювача з осаду і вапна для цементу. Заздалегідь зброджений і зневоднений осад муніципальних стічних вод піддається сушці при температурі 105°C, де висушується до вологості 5%, потім він піддається подрібненню і просіюванню крізь сита з розміром осередків 10 мм, звідки спільно з роздробленим вапняком (вміст  $\text{CaCO}_3 > 95\%$ ) подається в міксер.



**Рис. 2.6 – Схема виробництва біоцементу**

Суміш осаду і вапняку піддається первинному подрібненню до частинок з розміром 0,25-0,35 мм, після чого подається в електричну піч. Процес випалення контролюється ЕОМ. Обробка закінчувалася вторинним подрібненням до розміру зерна 0,08 мм і додаванням портландцементу. Залежно від вмісту вапна, долі портландцементу, часу і температури випалення змінювалися характеристики речовини - «біоцементу», при порівнянні яких зроблені наступні висновки: при температурі 550°C повністю вигоряє органіка, якнайкращі показ-

ники має суміш осаду і вапна в співвідношенні 1:1 при обробці в печі з температурою 1000°C. Зразки «біоцементу», що складаються з 30% такої суміші і 70% портландцементу, за показниками міцності не поступаються зразкам 100% портландцементу. Ця технологія економить сировину для виробництва портландцементу і дозволяє ефективно утилізувати осади муніципальних стічних вод.

Цікавим способом утилізації осаду стічних вод при виготовленні штучного каменя - наповнювача для виробництва бетону є технологія, запропонована вченими з Сан-Дієго [14]. Як початкові матеріали для виробництва даного каменя служать глина, осад муніципальних і виробничих стічних вод, який неможливо утилізувати в сільському господарстві із-за наявності в ньому токсичних компонентів. Процес виробництва цього наповнювача полягає в наступному: подрібнений осад і глина перемішуються, потім суміш формується у вигляді кульок і обпалюється в роторній печі. Готовий наповнювач представляє з себе кульки, що нагадують керамзит, розмірами 10-12 мм, які використовуються надалі при виробництві бетону.

В Японії широко застосовуються технології виробництва будівельних матеріалів з осадів стічних вод, що піддаються плавленню в різних печах: коксоплавильної, рефлекторної, вихрової, електричної і мікрохвильової [14]. В даний час в країні висхідного сонця діють 3 установки з коксоплавильними печами, 2 – з рефлекторними, 8 - з вихровими і одна - з електричною піччю. Шлак, що одержується в результаті плавлення, складає всього лише 2,6% від об'єму вихідного зневодненого осаду.

На думку японських фахівців, плавлення - чудовий і дуже вигідний спосіб утилізації осадів стічних вод. Дана технологія використовується при відливанні металу, коли спільно з коксом плавиться руда. У разі утилізації осаду замість руди подається зневоднений до 45% осад, який подається з реагентом і коксом, так щоб вагове співвідношення оксиду кальцію до оксиду кремнію було біля одиниці.

Коксове завантаження грає роль камінних грат і дозволяє підтримувати температуру біля 1600°C, потрібну для проходження процесу, вище зони плавлення знаходиться вторинна зона горіння, яка слугує для уловлювання розсіяного пилу.

Після зони горіння температура газів, що утворилися, знижується до 900°C за допомогою системи труб з холодною водою. При цьому утворюється пара, використовувана для сушки осаду і частково утилізована як електрична енергія. Гази, що утворилися, проходять систему очищення і випускаються в атмосферу.

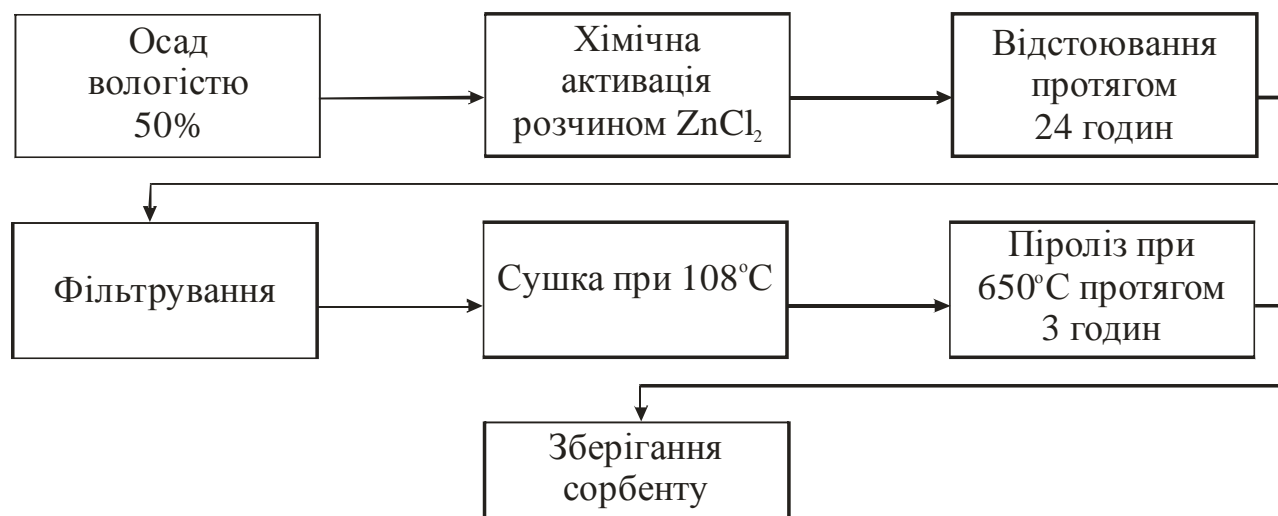
Фізичні властивості і форма частинок шлаку залежать від методу охолодження. Його міцність - наслідок ступеня кристалізації. Шлак з високим вмістом кремнію достатньо погано кристалізується. При охолодженні водою - частинки шлаку дрібні і склоподібні. Шлак, що охолоджується потоком повітря, стає склоподібним і застигає єдиною масою; при охолодженні без направлених потоків повітря має вигляд каменя.

В Японії шлакокамень - достатньо ходовий товар: у префектурі міста Осаки в рік продається близько 1400 тонн шлаку в рік. Товар з розмірами частинок 3-40 мм охоче розкупується для будівельних робіт, шлакокамень розміром 2,5-4 мм - для виробництва будівельних конструкцій і матеріалів; найдрібніший (<2,5 мм) для виготовлення фарб і мастил. До середини 90-х років минулого сторіччя на хвилі захоплення безвідходними технологіями незвичайно популярними були ювелірні прикраси з шлакокаменя.

Швидкі темпи зростання міст і селищ останнім часом призводять до того, що очисні споруди муніципальних стічних вод і промислові підприємства опиняються в міській межі. При цьому гостро встає проблема усунення неприємних запахів, супутніх технології виробництва. Найбільш поширена речовина, що викликає неприємний запах - сірководень, що утворюється при кислій фазі анаеробного зброджування. До останнього часу для усунення неприємного запаху використовувалося активоване вугілля, яке має один істотний недолік - високу вартість. Багатьма вченими проводилися дослідження з метою знайти дешевий замітник активованого вугілля. Осад стічних вод, багатий вуглецем і органічною речовиною, є перспективною сировиною для виробництва адсорбенту.

#### *Виробництво адсорбентів з осадів муніципальних стічних вод*

У Сінгапурі розроблена технологія виробництва адсорбенту з осадів муніципальних стічних вод. Висушений до 50% осад піддається хімічній активації шляхом змішування з розчином хлориду цинку і залишається на 24 години. Потім суміш фільтрується і висушується в печі при температурі 108°C, після чого піддається піролізу при 650°C протягом трьох годин (рис. 2.7). Сорбуюча здатність одержаного адсорбенту складає 25% здібності активованого вугілля, виготовленого промислово, але дозволяє достатньо ефективно видаляти неприємні запахи, маючи при цьому значно нижчу вартість. Окрім цього, приготовані з осадів муніципальних стічних вод адсорбенти застосовуються для очищення органічних домішок.



**Рис. 2.7 – Схема виробництва сорбенту з осаду муніципальних стічних вод**

Російські вчені розробили технологію виробництва активованого вугілля шляхом піролізу з осадів стічних вод. Висушений до вологості 5-10% активний мул піддається термічному розкладанню до отримання карбонізованого залишку (напівкоксу), потім активується перегрітою водяною парою з температурою 700°C протягом 60 хв., при цьому видаляються вуглеводні і смолянисті речовини, а поверхня виходить більш розпушеною і пористою. З одного кілограма сухого активного мулу виходить біля 300 г активованого вугілля. Обробка вугілля 10%-ним розчином соляної кислоти знижувала зольність і різко збільшувала пористість.

Одержане з активного мулу активоване вугілля успішно використовується як гемосорбент (сорбент для очищення крові). Із-за високого вмісту білкових речовин, мікроелементів, вітамінів і амінокислот активоване вугілля з осадів вигідно відрізняється від аналогічного вугілля, виготовленого з деревини, торфу, торф'яного напівкоксу, викопного вугілля, нафтових відходів, відходів целюлозно-паперової промисловості.

Можливо широке використання сухого активного мулу як сировини для фармацевтичної промисловості, де він може застосовуватися в технології біосинтезу біологічно активних речовин, при цьому активний мул здатний замінити гостродефіцитні і коштовні фармакологічні препарати [14].

### **3. Технологічні рішення комплексу споруд для отримання і утилізації біогазу**

Обробка осадів є одним з складних і енергоємних процесів в комплексі очищення стічних вод. Вартість обробки осадів складає в середньому 30-40% загальних витрат на очищення стічних вод.

У той же час осади, що утворюються в процесі очищення стічних вод, і продукти їх переробки, в першу чергу біогаз, є істотними *потенційними джерелами енергії* в системах водовідведення.

Газ, одержаний в результаті зброджування осадів в метантенках, можна використовувати в теплоенергетичному господарстві очисних станцій і на близько розташованих об'єктах.

У даний час все більшого значення в Україні набувають питання економії матеріалів і паливно-енергетичних ресурсів, охорони навколишнього середовища. У цих умовах розвиток комунального господарства немислимо без освоєння нетрадиційних поновлюваних джерел енергії (НПДЕ). Переваги їх в тому, що вони невичерпні і екологічно чисті.

Зростаючі темпи виснаження запасів нафти, кам'яного вугілля і газу викликають необхідність пошуку нових джерел енергії. У принципі джерела енергії невичерпні, оскільки енергія – це все, що нас оточує. Людина вміє перетворювати енергію на доступні форми (мається на увазі використання енергії атома і термоядерних процесів). Проте це пов'язано з певними труднощами і обмеженнями.

Сучасна технологія очищення міських стічних вод пов'язана зі споживанням значних кількостей електричної і теплової енергії. Тільки на комунальних



очисних спорудах щорічно витрачається понад 735 млн. кВтгод. електроенергії і близько 1 млн. Гкал тепла.

В умовах гострої енергетичної кризи на Україні проблема зниження вказаних енерговитрат за рахунок використання нетрадиційних джерел енергії, що є на самих очисних спорудах і постійно поновлюються, є гостро актуальною.

Напрямок, що охоплює всі методи отримання і використання енергії та пального з органічної сировини (осадів), одержав назву *біоенергетики*. Розробка цього напрямку приведе до значної економії традиційних видів пального. Не менш важливий і природоохоронний аспект, оскільки енергетична переробка органічних відходів значно зменшить забруднення навколишнього середовища.

Для ефективного вирішення проблеми обробки осадів розроблений проект, метою якого є зниження негативного впливу осадів стічних вод на навколишнє середовище, удосконалення їх транспортування, зневоднення і утилізації; створення самоокупної, екологічної і енергозберігаючої технології.

Реалізація проекту передбачається шляхом створення комплексу споруд обробки осадів стічних вод, що включає їх анаеробне зброджування в метантенках, використання біогазу для отримання електроенергії в генераторах двигуна з рекуперацією скидного тепла для підігріву осадів і механічне зневоднення всього об'єму осадів з використанням флокулянтів.

Принципова технологічна схема утилізації біогазу приведена на рис. 2.8.

Комплекс споруд включає:

I – споруди для забезпечення стабільності процесу зброджування осадів в метантенках;

II – споруди для зброджування осадів і отримання біогазу;

III – споруди з утилізації біогазу з отриманням електроенергії;

IV – споруди для утилізації вторинного тепла для підігріву осадів.

Метантенки є єдиними спорудами з позитивним енергетичним балансом, в яких в результаті анаеробного зброджування осадів, одержаних при очищенні стічних вод, утворюється біогаз.

Анаеробне зброджування осадів стічних вод з подальшим використанням утворюваного біогазу в якості енергетичного пального дозволять вирішити ряд важливих завдань як екологічного, так і енергетичного характеру:

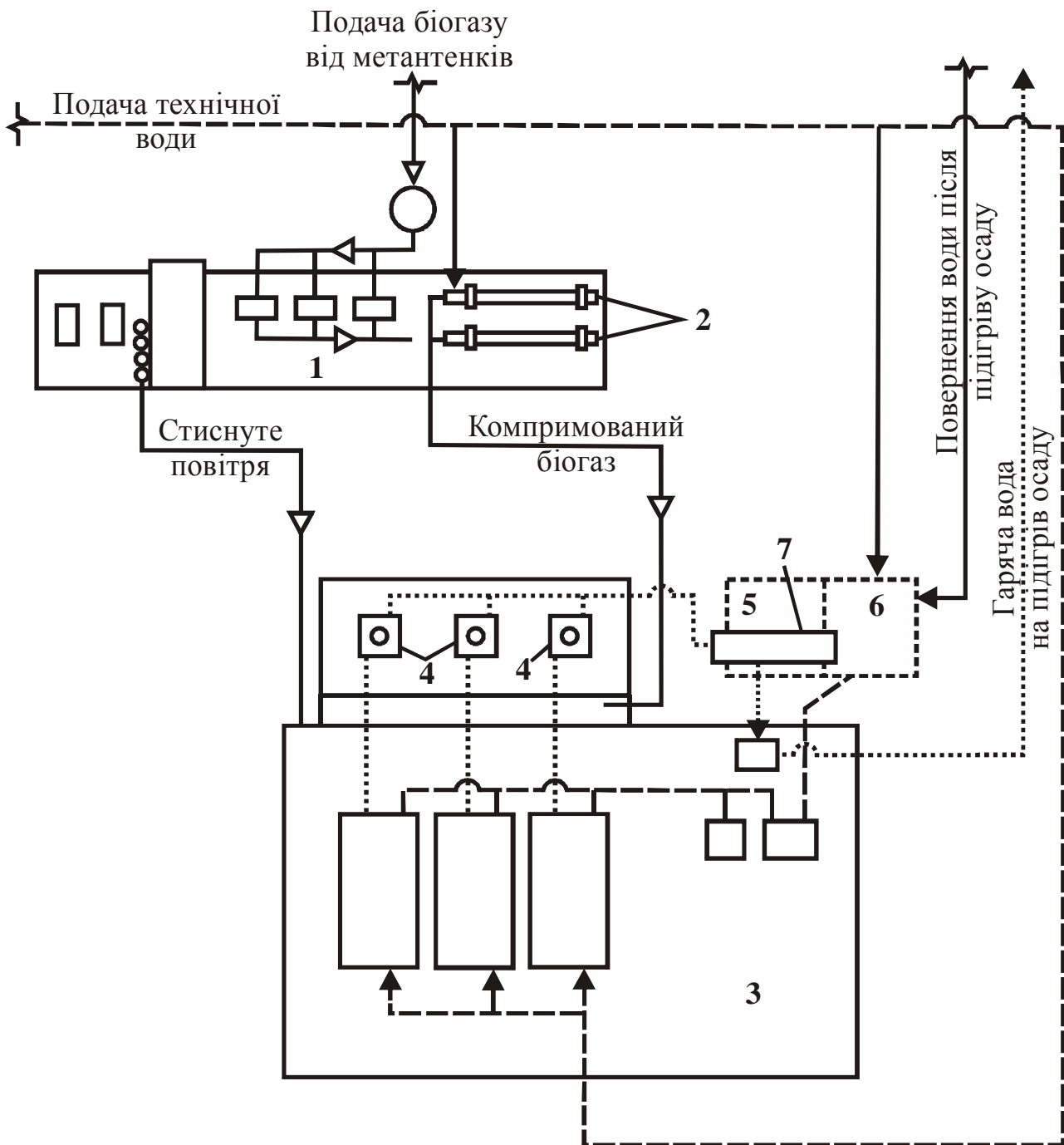
1. Отримання стабілізованих незагниваючих осадів.

2. Використання біогазу для вироблення електричної і теплової енергії.

3. Понизити забруднення атмосфери метаном і ліквідувати неприємні запахи, що виділяються при перегниванні осадів, тобто запобігти забрудненню атмосфери газами бродіння, а енергія, що виробляється, дозволить замінити від 50 до 100% споживаної енергії каналізаційними очисними спорудами.

Для скорочення витрат тепла на підігрів осаду і підтримки заданої температури зброджування, а також зменшення можливості утворення корки в метантенках пропонується видаляти грубодисперсні включення з рідких осадів стічних вод шляхом введення в схему подачі осадів у метантенки проціджувачів.

Грубодисперсні включення, які зняті з барабана проціджувача, потрапляють в завантажувальний бункер пристрою віджимання вільної вологи. Воло-



**Рис. 2.8 – Технологічна схема утилізації біогазу:**

- 1 – компресорна; 2 – теплообмінники охолодження біогазу;  
 3 – будівля двигунів-генераторів; 4 – теплообмінники киплячого шару;  
 5 – резервуар аварійного зливу масла; 6 – резервуар вихідної води;  
 7 – резервуар гарячої води

гість віджатих включень – 60%. Далі вони збираються в контейнери і вивозяться за межі станції; проціджений осад подається в метантенки.

При зброджуванні розпад органічної речовини осадів складає 43-53%, відповідно зменшується кількість сухої речовини і підвищується вологість осадів. Склад біогазу, що утворюється: метан – 60-70%, вуглекислий газ – 16-34%, азот – до 3%, водень – до 3%, кисень – 0,4%, оксид вуглецю – 2-4%. Вихід газу на 1 м<sup>3</sup> завантажуваної суміші осаду і мулу складає в середньому 12 м<sup>3</sup>. Кіль-

кість газу, що виходить при зброджуванні осаду, залежить від його складу і на різних очисних спорудах коливається в значних межах.

Теплотворна здатність і кількість біогазу залежить від його складу, тобто від вмісту основного компоненту – метану і складає 5000-6000 ккал /м<sup>3</sup>. З 1 м<sup>3</sup> біогазу можна одержати до 2 кВтгод. електроенергії і до 6 кВтгод. теплової енергії в опалювально-виробничих котельнях.

Таким чином, область можливого використання біогазу величезна:

1. Газ метан може використовуватися як пальне для котельних (замінює природний газ або тверде пальне – вугілля).

2. Можливе застосування біогазу в двигунах-генераторах для отримання електричної енергії.

3. Може використовуватися як моторне пальне в автомобілях, обладнаних газопаливними системами.

4. Тепло, одержане від спалювання біогазу, може бути використано для нагріву осаду, що подається в метантенки, а також для сушки або спалювання осаду.

Для підтримки необхідного режиму зброджування передбачається рівномірне завантаження осаду в метантенки протягом доби, обігрів їх гострою парою, що випускається через ежекторні пристрої.

Технологічна схема використання біогазу включає отримання електричної і теплової енергії з використанням вітчизняного устаткування і вторинного тепла відпрацьованих газів і охолоджуючих середовищ двигуна.

Біогаз з пункту управління газгольдерами прямує в приміщення компресорної, де тиск біогазу підвищується до 5 кгс/см<sup>2</sup>. В результаті компримування біогазу його температура збільшується до 100°C. Оскільки температура біогазу на вході в електроагрегат не повинна бути вище за 25°C, то після компресорів передбачена установка для охолодження біогазу, що складається з теплообмінників. З них охолоджений компримований біогаз подається в двигун-генератор, який виробляє трифазний струм напругою 6,3 кВ, частотою 50 Гц, потужністю не менше 1000 кВт, що подається через розподільний пристрій 6,3 кВ споживачам електроенергії станції біологічного очищення.

Утилізація скидного тепла електроагрегату здійснюється таким чином. Вода після охолодження двигуна догрівається в теплообмінниках «КС» вихлопними газами, що відходять від двигуна, і подається в теплообмінники, де відбувається підігрів осаду, який завантажується в метантенки. Охолоджена в цих теплообмінниках вода повертається в систему двигуна.

Теплообмінники «КС» встановлені поблизу глушника випуску вихлопних газів двигуна. У теплообмінники «КС» подається вода з системи охолодження двигуна з температурою 58,5°C, а відводиться від теплообмінників з температурою 65,5°C і насосами подається в теплообмінники для підігріву осаду, що подається в метантенки, до температури 44°C.

До теплообмінників «КС» підводяться вихлопні газы температурою 300°C. Охолоджені вихлопні газы (120°C) виводяться в атмосферу через глушник вихлопу.

Теплообмінники для підігріву осаду і насоси безперервного завантаження осаду в метантенки повинні бути встановлені поблизу існуючих метантенків.

Таким чином, анаеробне зброджування осадів міських стічних вод з подальшим використанням утворюваного біогазу, в якості моторного пального для генераторів двигуна дозволить вирішити комплекс найважливіших завдань, а саме:

- **технологічних**, що забезпечують отримання стабілізованого незагниваючого осаду;
- **енергетичних**, що дають можливість компенсувати значну частину електричної і теплової енергії, яка витрачається на роботу повітродувних машин і технологічний нагрів осаду, що подається на зброджування в метантенки;
- **екологічних**, що знижують забруднення атмосфери метаном і ліквідують смердючі запахи, які виділяються при перегниванні нестабілізованих осадів стічних вод.

Важливою перевагою такої технології є також можливість забезпечення автономним енергозабезпеченням станцій біологічного очищення при аварійних режимах в енергомережах.

Попередні розрахунки показують високу ефективність пропонованої технології. Очікуване вироблення біогазу для міст України з населенням більше 200 тис. складе не менше 100 млн. м<sup>3</sup>/год (калорійністю 5500 ккал/м<sup>3</sup>), що еквівалентно 200 млн. кВт/год. в рік електроенергії, або 70 тис. т умовного пального.

ВАТ «Юждізельмаш» (р. Токмак, Запорізька обл.) випускає дизель-генератори, які можуть бути переобладнані під використання біогазу як моторне пального для каналізаційних станцій продуктивністю до 150 тис. м<sup>3</sup>/сут.

Двигуни-генератори, що працюють на біогазі, потужністю 1000 кВт і вище, розроблені ВО «Завод ім. Малишева» (м. Харків) для станцій продуктивністю 150 тис. м<sup>3</sup>/доб. і вище.

Двигуни, що створені на базі сучасного високоефективного вітчизняного двигуна типу 11ГД 100М, можуть працювати як на біогазі, так і на природному газі. Газовий електроагрегат є автоматизованою стаціонарною електроустановкою, працює як в автономному режимі, так і паралельно з енергомережею, відрізняється високою надійністю, паливною економічністю і підвищеним ресурсом, зручний в обслуговуванні, ремонті. Сучасне теплообмінне устаткування дозволяє високоефективно використовувати скидне тепло двигуна.

Таким чином, запропонований комплекс споруд з отримання і утилізації біогазу метантенків дозволяє вирішити проблему зниження енерговитрат при очищенні стічних вод за рахунок використання постійно поновлюваних нетрадиційних джерел енергії.

### **Контрольні запитання:**

1. Назвіть основні напрями утилізації осадів стічних вод.
2. Проаналізуйте агрономічну цінність осадів стічних вод.
3. Чому є доцільною утилізація осадів стічних вод в сільському господарстві?

4. Яким чином може бути проведена регенерація цінних продуктів з осадів стічних вод?
5. Назвіть основні напрями використання осадів стічних вод при виробництві будівельних матеріалів.
6. Опишіть схему отримання біоцементу з осадів стічних вод.
7. Як і навіщо запропоновано проводити сорбент з осадів стічних вод?
8. Дайте характеристику технологічним рішенням комплексу споруд для отримання і утилізації біогазу.
9. Що таке «біоенергетика»?
10. Які завдання можуть бути вирішені при анаеробному зброджуванні осадів стічних вод з подальшою утилізацією біогазу?
11. Охарактеризуйте склад біогазу, що утворюється при зброджуванні осадів стічних вод.
12. Яким чином може використовуватися біогаз?
13. Яке устаткування застосовується при реалізації технології утилізації біогазу?

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения. – М.: ЦИТП, 1986.
2. СНиП 2.04.02-84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. - М.: Стройиздат, 1986.
3. Справочное пособие к СНиП 2.04.03-85. – М: Стройиздат, 1990.
4. Ковальчук В.А. Очистка стічних вод: Навч. посібник. – Рівне: ВАТ „Рівненська друкарня”, 2003.
5. Запольський А.К., Мішкова-Клименко Н.А. та ін. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод. – К.: Лібра, 2000.
6. Луценко Г.Н. и др. Физико-химическая очистка городских сточных вод. – М.: Стройиздат, 1984.
7. Рекомендации по использованию реагентов в схемах прямой физико-химической и химико-биологической очистки городских сточных вод. – М.: ОНТИ АКХ, 1982.
8. Ласков Ю.М., Воронов Ю.В., Калицун В.И. Примеры расчёта канализационных сооружений. – М.: Стройиздат, 1987.
9. Туровский И.С. Обработка осадков сточных вод. – М.: Стройиздат, 1988.
10. Гюнтер Л.И., Гольдфарб Л.Л. Метантенки. - М.: Стройиздат, 1991.
11. Шевченко Л.Я., Дрозд Г.Я., Зотов Н.И., Маслак В.Н. Осадки водопроводных станций: извлечение и утилизация. – Луганск: Изд-во Луганского аграрного университета, 2004.
12. Гольдфарб Л.Л., Туровский И.С., Беляева С.А. Опыт утилизации осадков городских сточных вод в качестве удобрения. – М.: Стройиздат, 1983.
13. Яковлев С.В., Карелин Я.А., Ласков Ю.М., Калицун В.И. Водоотведение и очистка сточных вод. – М.: Стройиздат, 1996.
14. Алексеев В.И., Винокурова Т.Е., Пугачев Е.А. Проектирование сооружений переработки и утилизации осадков сточных вод с использованием элементов компьютерных информационных технологий. – М.: Изд-во АСВ, 2003.
15. Рекомендации по проектированию сооружений химико-биологической очистки городских сточных вод с применением железного купороса. – Харьков: УкркоммунНИИпроект, 1982.
16. Исследование биолого-химического метода удаления соединений фосфора из городских сточных вод. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. – М.: АКХ им. К.Д.Памфилова, 1979.

Навчальне видання

Конспект лекцій  
з дисципліни  
"Спецкурс з очистки стічних вод"

(для студентів 5 курсу денної і заочної форм навчання  
напряму підготовки 0926 – «Водні ресурси»  
спеціальності 7.092601, 8.092601 – «Водопостачання та водовідведення»)

Автори: Світлана Борисівна Козловська,  
Катерина Борисівна Сорокіна

Редактор: З.І.Зайцева

План 2008, поз. 114Л

---

Підп. до друку 18.11.2008	Формат 60x84 1/16	Папір офісний.
Друк на ризографі.	Умовн.-друк. арк. 5,0	Обл.-вид. арк. 5,5
Замовл. № _____	Тираж 50 прим.	

---

61002, Харків, ХНАМГ, вул. Революції, 12

Сектор оперативної поліграфії при ЦНІТ ХНАМГ

---

61002, Харків, вул. Революції, 12