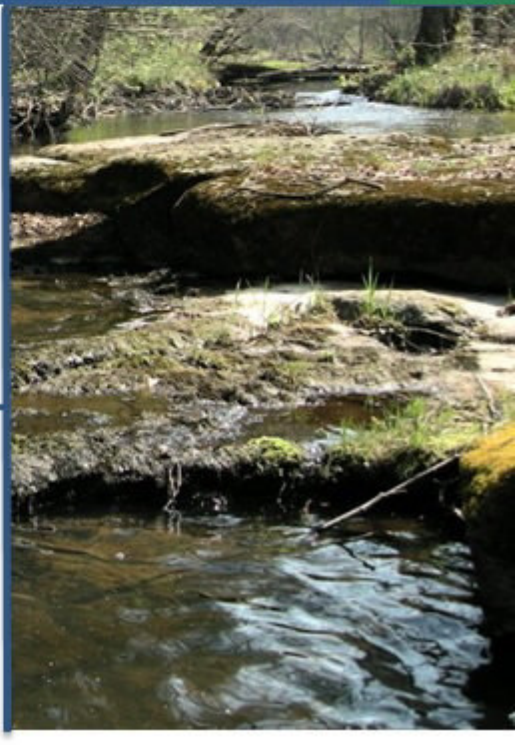
М.М. Гіроль, А.М. Гіроль, А.М. Гіроль



ТЕХНОЛОГІЇ ВОДОВІДВЕДЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ



Рівне 2013

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства та природокористування
М.М. Гіроль, А.М. Гіроль, А.М. Гіроль

ТЕХНОЛОГІЇ ВОДОВІДВЕДЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України, як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів, які навчаються за спеціальністю «Водопостачання та водовідведення»

Рівне – 2013

Національний університет
водного господарства
та природокористування

УДК 628.2(075.8)
ББК 38.761я7
Г 34

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України
Лист №1/11-4500 від27.02.2013 р.

Рецензенти:
М.Г.Журба, доктор технічних наук, професор, керівник Центра інновацій в області водопостачання і водовідведення ОАО МосводоканалНДІпроект;

В.А.Ковальчук, доктор технічних наук, професор Національного університету водного господарства та природокористування;

В.П.Хоружий, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри водовідведення і гідравліки, Одеської державної академії будівництва та архітектури;

Я.Озонек, доктор габілітований, професор, Люблінського політехнічного університету.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Гіроль М.М., Гіроль А.М., Гіроль А.М.
Г 34 Технології водовідведення промислових підприємств: Навчальний посібник. – Рівне: НУВГП, 2013. – 625 с
ISBN 978-966-327-251-1

У підручнику розглянуто основи водовідведення та очищення стічних вод промислових підприємств, наведено сучасні схеми і системи водовідведення, технологічні схеми очищення, значення технологічних параметрів, методики розрахунку при проектуванні та нормативні вимоги. Приділено увагу питанням утилізації осадів, раціонального водокористування на промислових підприємства, основним етапам з розробки проектів, експлуатації та суті економічних експлуатаційних питань систем промислового водовідведення.

Підручник призначено для студентів вищих навчальних закладів, які навчаються за спеціальністю «Водопостачання та водовідведення», а також може бути корисним інженерно-технічним працівникам, зайнятим проектуванням, будівництвом і експлуатацією систем та споруд водовідведення.

Табл.156 Іл. 287. Бібліогр. 175 назв.

УДК 628.1(075.8)
ББК 38.761я7

ISBN 978-966-327-251-1

© Гіроль М.М., Гіроль А.М., Гіроль А.М. 2013
© Національний університет водного
господарства та природокористування, 2013

Національний університет
водного господарства
та природокористування

ПЕРЕДМОВА

Нинішні системи водовідведення та очищення стічних вод промислових підприємств – це складний інженерний комплекс, що забезпечує збір, транспортування, очищення стічних вод та утилізацію осадів.

Система водовідведення в усьому комплексі об'єктів водопровідно-каналізаційного господарства є надто коштовною і складною, вимагає високої кваліфікації інженерно-технічних працівників, задіяних на усіх етапах проектування, будівництва, експлуатації, утилізації.

Вирішення питань, пов'язаних з видаленням, очищенням, знешкодженням і знезараженням стічних вод населених пунктів та підприємств, потребує різнопланової підготовки спеціалістів із спеціальності „Водопостачання та водовідведення".

Важливою складовою технології водовідведення промислових підприємств є збір та відведення стічних вод, визначення умов та фізико-хімічних параметрів їх скидання чи повторного використання в промисловому водопостачанні.

Серед усього розмаїття технологій очищення стічних вод промислових підприємств виділяють три основні методи, що базуються на принципах механічного, хімічного та фізико-хімічного очищення.

Вибір того чи іншого методу ґрунтується на властивостях рідин, що очищаються, суті поставленої задачі, техніко-економічних показників альтернативних технологій.

Послідовність викладу матеріалу і зміст відповідають програмі підготовки фахівців зі спеціальності «Водопостачання та водовідведення».

Підручник з достатньою повнотою охоплює всі питання навчальної дисципліни «Технології водовідведення промислових підприємств».

Перед вивченням дисципліни «Технології водовідведення промислових підприємств» студенти вивчають дисципліни «Очищення стічних вод», «Хімія води і мікробіологія», «Водовідвідні мережі і споруди», «Водопостачання та каналізація».

Мета викладання дисципліни «Технології водовідведення промислових підприємств» – навчити майбутніх фахівців з водопостачання та водовідведення:

– ставити і вирішувати задачі, пов'язані з проектуванням, розрахунком, дослідженням та експлуатацією споруд очищення стічних вод та утилізацією осадів промислових підприємств з урахуванням вимог з охорони навколишнього середовища і раціонального використання водних ресурсів;
– володіти методологічними підходами пошуку раціональних технічних, технологічних і економічних рішень з ефективного використання сучасної науково-технічної інформації в галузі водовідведення та очищення стічних вод промислових підприємств.

Основним завданням, що має бути вирішене в процесі вивчення даної дисципліни, є формування у фахівців розуміння особливостей технологій водовідведення промислових підприємств, проектування і розрахунку відповідних споруд з метою використання отриманих знань в майбутній виробничій діяльності.

При написанні підручника використано сучасні літературні джерела, а також досвід вітчизняних і зарубіжних проектних, будівельних, експлуатаційних організацій та науково-дослідних інститутів і лабораторій.

Методичною основою підручника є узагальнення багаторічного досвіду проведення наукових досліджень з удосконалення системи технології очищення стічних вод та викладання дисципліни «Технології водовідведення промислових підприємств»

Національний університет
водного господарства
та природокористування

д.т.н., проф. М.Гіролем, к.т.н., доц. А.Гіролем, науковим співробітником А.Гіроль в Національному університеті водного господарства та природокористування, проведення наукових досліджень та викладання ряду дисципліни з водопостачання і водовідведення докт.хаб., проф., інж. М.Гіролем в Люблінському політехнічному університеті.

Розділи 1, 3, 5, 12 написали професор М.Гіроль, науковий співробітник А.М.Гіроль. Розділи 2, 4, 10, 11 написали професор М.М.Гіроль, доц. А.М.Гіроль, розділи 6 - 9 написали професор М.М.Гіроль, доц. А.М.Гіроль, науковий співробітник А.М.Гіроль.

Підручник призначено для підготовки фахівців за спеціальністю водопостачання та водовідведення у вищих навчальних закладах України. В підручнику враховано чинні нормативні документи галузі.

Автори підручника висловлюють вдячність рецензентам – докторові технічних наук, професорові, керівнику Центра інновацій в області водопостачання і водовідведення ОАО МосводоканалНДІпроект **М.Г.Журбі**, докторові технічних наук, професорові Національного університету водного господарства та природокористування **В.А.Ковальчуку,** докторові технічних наук, професорові, завідувачу кафедри водовідведення і гідравліки Одеської державної академії будівництва та архітектури **В.П.Хоружому,** доктору габілітованому, професору Люблінського політехнічного університету **Я.Озонеку** за конструктивні пропозиції та зауваження, що враховані в остаточній редакції видання.

Автори підручника висловлюють вдячність колективам кафедр водопостачання і водовідведення Національного університету водного господарства та природокористування, Київського національного університету будівництва і архітектури, Харківського національного університету будівництва та архітектури, Харківської національної академії міського господарства, Одеської державної академії будівництва та архітектури, Донбаської національної академії будівництва та архітектури, Національного університету «Львівська політехніка», Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна (Україна), Московського державного будівельного університету (м.Москва), Варшавського політехнічного університету (м.Варшава), Люблінського політехнічного університету, університету Марії Склодовської Кюрі в Любліні (м.Люблін), Дрезденського технічного університету (м.Дрезден), Кишинівського політехнічного університету (м.Кишинів), Норвезького університету науки і технології (м.Осло), Вищої школи гідравліки (м.Алжир), Віденського аграрного університету (м.Відень), а також науковцям Інституту колоїдної хімії і хімії вод АНУ, Українського науково-дослідного інституту водогосподарсько-екологічних проблем, УкрНДІГіМ, НДіКТІ МГ, УкрНДІводоканалпроекту, (м.Київ), Харківського Водоканалпроекту, УДНДІ "УкрВОДГЕО" (м.Харків), ЦНДІКВР (м.Мінськ), ВНДІМіТП (м.Коломна), Міжнародного агентства розвитку USAID США, ВНДІ ВОДГЕО, ВНДІ залізничного транспорту, НДІ КВОВ АКГ ім. К.Д.Памфілова, Центру інновацій в області водопостачання і водовідведення ОАО МосводоканалНДІпроекту, ВО СоюзводоканалНДІпроеку (м.Москва) та багатьом іншим вітчизняним і зарубіжним організаціям та установам задіяним в галузі водопостачання і водовідведення за постійну увагу до наших робіт та надану можливість ознайомитися з навчально-методичними матеріалами, сучасними науковими і інженерними рішеннями в галузі очищення стічних вод та охорони водних ресурсів.

Зауваження та пропозиції щодо удосконалення книги автори просять надсилати на адресу: 33028, м.Рівне, вул.Соборна, 11, НУВГП.

Національний університет водного господарства та природокористування

1. ОСОБЛИВОСТІ ВОДОВІДВЕДЕННЯ ТА ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

1.1. Загальні відомості про водовідведення промислових підприємств

Водовідвідні системи промислових підприємств призначені для прийому, відведення й очищення стічних вод від виробничих корпусів, будівель, сільськогосподарських комплексів, а також з території, займаної перерахованими об'єктами.

Відповідно до вимог «Водного кодексу України» система водопостачання промислових підприємств повинна бути, як правило, з оборотом води для всього підприємства або мати замкнуті цикли для окремих цехів; при цьому необхідно передбачати очищення відпрацьованої води [1].

При прямоточному водопостачанні (рис. 1.1,а) уся вода, що забирається з водойми, після участі в технологічному процесі повертається у водойму, за винятком тієї кількості води, що безповоротно витрачається у виробництві. Кількість стічних вод, що відводяться у водойму, Q_c складає:

$$Q_c = Q_д - Q_п \qquad (1.1)$$

де Q_c – кількість стічних вод, що відводяться у водойму; $Q_д$ – кількість води, що подається від джерела водопостачання; $Q_п$ – кількість безповоротно спожитої води виробництвом.

При схемі водопостачання з послідовним використанням води (рис. 1.1,б), що може бути дво- або триразовим, кількість стічних вод, що скидаються, зменшується відповідно до втрат на усіх виробництвах і на очисних спорудах, тобто:

$$Q_c = Q_д - (Q_{п1} + Q_{п2} + Q_ш) \qquad (1.2)$$

де Q_c – кількість води, що скидається у водойму; $Q_д$ – кількість води, що подається з джерела на виробничі потреби; $Q_{п1}$, $Q_{п2}$ – кількість води, безповоротно спожитої промисловим підприємством; $Q_ш$ – кількість води, що відводиться зі шламом.

У ряді галузей промисловості (чорної металургії, нафтопереробної) 90…95 % стічних вод використовується в системах оборотного водопостачання і лише 5…10 % скидається у водойму [9].

Теплі води перед повторним застосуванням попередньо охолоджують у ставку, бризкальному басейні, градирні (рис. 1.2, а), забруднені перед повторним застосуванням піддають обробці на очисних спорудах (рис. 1.2,б); при комплексному використанні стічні води перед повторним застосуванням піддаються очищенню й охолодженню (рис. 1.2, в).

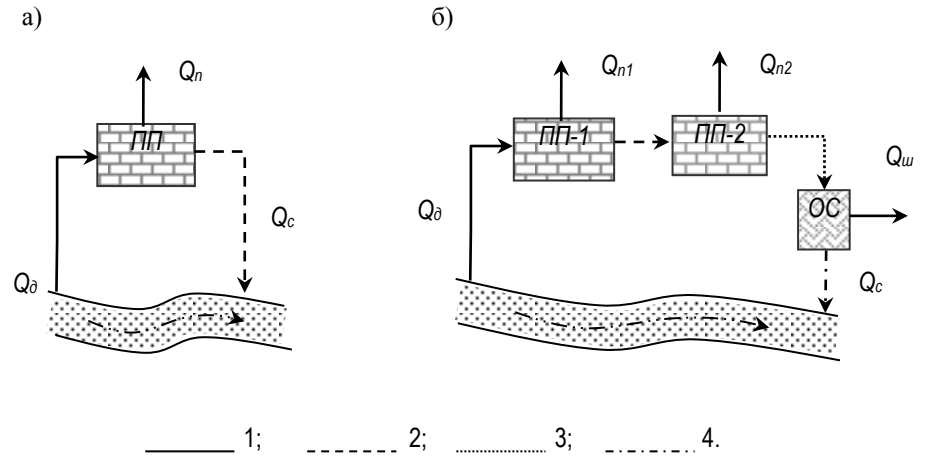


Рис. 1.1. Схеми водопостачання промислових підприємств:
1 – вода свіжа чиста, не нагріта; 2 – стічна вода, нагріта; 3 – те ж, і забруднена; 4 – те ж, очищена; ПП, ПП-1 і ПП-2 – промислові підприємства, *ОС* – очисні споруди, $Q_д$ – вода, що подається з джерела на виробничі потреби; $Q_п$ $Q_{п1}$ і $Q_{п2}$ – вода, безповоротно спожита на промислових підприємствах; $Q_ш$ – вода, що видаляється зі шламом; $Q_с$ – вода, що скидається у водойму

Для компенсації безповоротних втрат води у виробництві, на охолоджувальних установках, на очисних спорудах, а також втрат води, що скидається у водовідвідну мережу, здійснюється підживлення з водойми і інших джерел водопостачання. Кількість води для підживлення ($Q_д$) визначається за формулою:

$$Q_д = Q_п + Q_у + Q_ш + Q_с \tag{1.3}$$

де $Q_д$ – кількість води, що подається з джерела на виробничі потреби; $Q_п$ – кількість води, безповоротно спожитої промисловим підприємством; $Q_у$ – вода, що втрачається на випаровування і вивітрювання з охолоджувальних установок; $Q_ш$ – кількість води, що відводиться зі шламом; $Q_с$ – кількість води, що скидається у водойму.

Загальна кількість води, що додається, складає 5–10 % загальної кількості води, що циркулює в системі.

Ефективність використання води на промислових підприємствах оцінюється трьома показниками [6,18].

1. Технічна досконаліть системи водопостачання оцінюється кількістю використаної оборотної води $P_{об}$, %:

$$P_о = \frac{Q_о}{Q_о + Q_д + Q_{ср}} 100 \tag{1.4}$$

де Q_o, $Q_д$ і $Q_{ср}$ – кількість води, використовуваної відповідно в обороті, що забирається з джерела і, що надходить у систему водопостачання із сировиною.

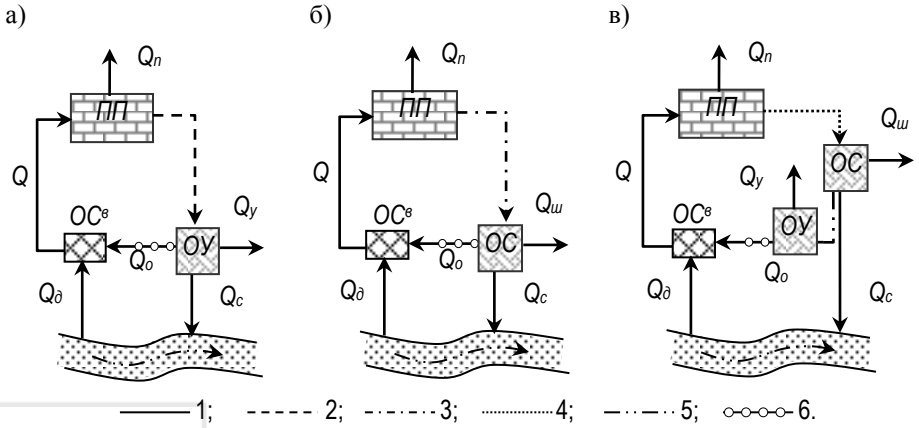


Рис. 1.2. Схеми оборотного водопостачання промислових підприємств:
а – з охолодженням стічних вод; б – з очищенням стічних вод, в – з очищенням і охолодженням стічних вод; 1 – вода свіжа, чиста, не нагріта; 2 – стічна вода, нагріта; 3 – те ж, не нагріта і забруднена; 4 – те ж, очищена; 5 – стічна вода, забруднена; 6 – оборотна вода; ОУ – охолоджувальні установки; *ОС, ОС^в* – очисні споруди; $Q_д$ – вода, що подається на виробничі потреби; Q_o – оборотна вода; $Q_у$ – вода, що втрачається на випаровування і вивітрювання з охолоджувальних установок

2. Раціональність використання води, що забирається з джерела, оцінюється коефіцієнтом використання $K_в$:

$$K_в = \frac{Q_д + Q_{ср} - Q_с}{Q_д + Q_{ср}} \le 1 \qquad (1.5)$$

3. Втрати води, %, визначаються за формулою

$$P_{по} = \frac{Q_д + Q_{ср} - Q_с}{Q_д + Q_{ср} + Q_{по} + Q_o} 100 \qquad (1.6)$$

де $Q_{по}$ – кількість води, використовуваної у виробництві послідовно.

Для систем водопостачання промислових підприємств рекомендується складати баланс води, що включає втрати на скид і необхідне добавлення води у систему [4].

Безповоротне споживання і втрати води у виробництві складаються з води що виноситься з продуктом виробництва і з відходами води, обумовлених технологічним розрахунком.

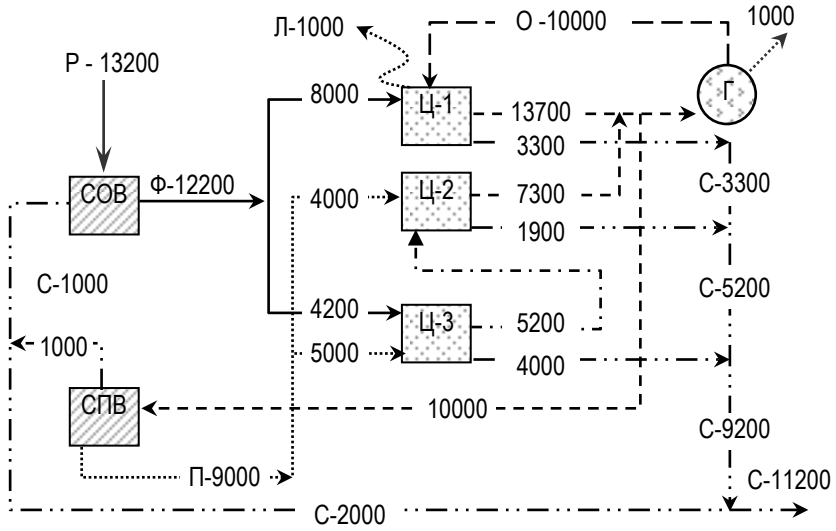


Рис. 1.3. Балансова схема водоспоживання і водовідведення промислового підприємства (витрати води в $м^3$/доб):
Ц – виробничі цехи; СОВ – станція очищення води; СПВ – станція пом'якшення води; Г – градирні; Ф – фільтрована вода; Л – виробничі втрати; Р – свіжа річкова вода; С – стічні води

З метою дотримання водного балансу в системі водопостачання усі види втрат компенсують еквівалентною кількістю води, що додається (рис. 1.3).

У ряді випадків складаються також балансові схеми надходження у водовідвідну мережу забруднень від окремих апаратів і цехів.

1.2. Особливості водовідвідних систем промислових підприємств

При проектуванні і експлуатації водовідвідних систем промислових підприємств розрізняють майданчикову і позамайданчикову системи (рис.1.4).

Очисні споруди промислових підприємств повинні, як правило, розміщатися на території цих підприємств. При виборі системи і схеми водовідведення промислових підприємств необхідно враховувати:

1) вимоги до кількості і якості води, що використовується в різних технологічних процесах;

2) кількість, склад і властивості стічних вод окремих виробничих цехів і підприємства в цілому, а також режими водовідведення;

3) можливість скорочення кількості забруднених виробничих стічних вод підприємства шляхом удосконалення технологічних процесів;

4) можливість повторного використання виробничих стічних вод у системі оборотного водопостачання або для технологічних потреб на іншому виробництві;

5) доцільність вилучення і використання цінних речовин, що містяться в стічних водах;

6) можливість поділу незабруднених вод у виробництві й обробки забруднених;

7) можливість і доцільність сумісного відведення стічних вод від декількох близько розташованих промислових підприємств, а також можливість комплексного рішення водовідведення від промислового підприємства і населеного пункту;

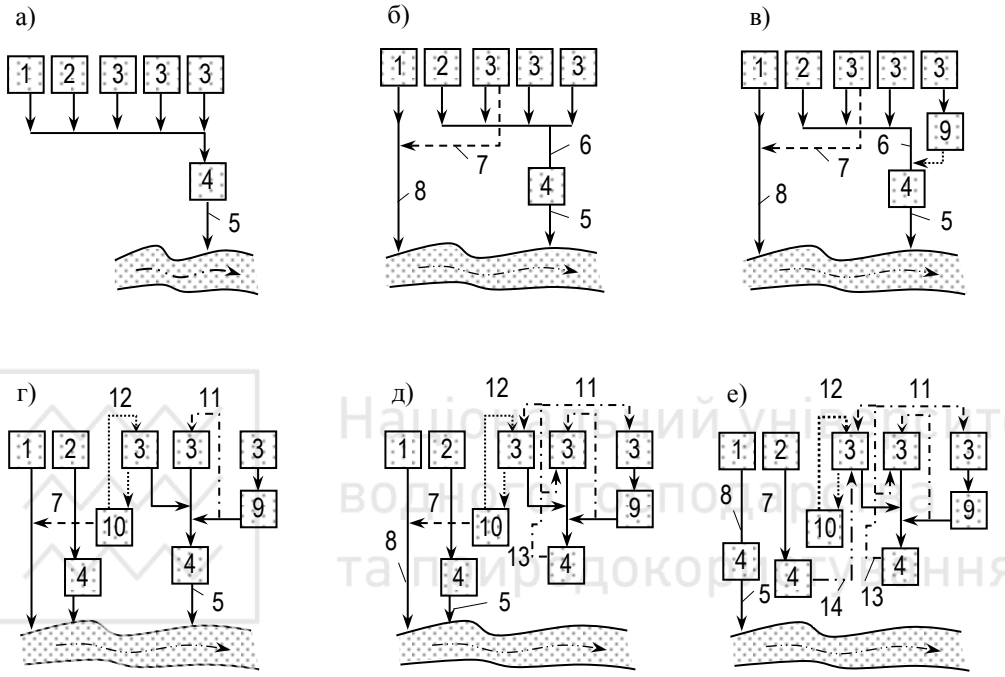


Рис. 1.4. Схеми водовідведення промислових підприємств [4, 5]:
а – загальносплавної системи; б – роздільної системи з дощовою і виробничо-побутовою мережами; в – те ж, і локальними очисними спорудами; г – роздільної системи з дощовою, побутовою і виробничою мережами, локальними очисними спорудами і частковим водооборотом; д – те ж, і повним оборотом виробничих стічних вод; е – роздільної безстічної системи водовідведення; 1 – дощові води; 2 – побутові стічні води; 3 – виробничі стічні води; 4 – очисні споруди; 5 – випуск у водойму; 6 – мережа побутових і забруднених виробничих стічних вод; 7 – мережа незабруднених виробничих стічних вод; 8 – мережа дощових вод; 9 – локальні очисні споруди; 10 – споруди з охолодження незабруднених стічних вод; 11, 12 – мережа оборотного водопостачання відповідно після локального очищення забруднених і незабруднених (після охолодження) виробничих стічних вод; 13, 14 – мережа оборотного водопостачання після очищення відповідно забруднених виробничих і побутових стічних вод

8) можливість використання в технологічному процесі очищених побутових стічних вод;

9) можливість і доцільність використання виробничих стічних вод в сільському господарстві;

10) доцільність локальної схеми очищення стічних вод окремих виробництв і цехів;

11) здатність водойми до самоочищення, умови спуску виробничих стічних вод у неї і необхідну ступінь очищення цих вод за лімітуючими показниками;

12) доцільність застосування кожного методу очищення.

Водовідведення від промислових підприємств, як правило, здійснюється за повною роздільною системою.

Сумісне відведення побутових і виробничих стічних вод доцільно, якщо останні забруднені органічними речовинами, деструкція яких можлива біологічним шляхом; при цьому концентрація токсичних домішок не повинна перевищувати гранично припустиму.

Дощові води, що стікають з незабруднених територій промислового підприємства, відводять окремою водовідвідною мережею або поєднуються з незабрудненими виробничими стічними водами і спускаються у водойму без очищення.

Поділ виробничих стічних вод може бути зумовленим санітарними причинами, пожежо- і вибухонебезпекою, можливістю заростання і руйнування трубопроводів. Наприклад, об'єднання кислих стічних вод із сульфідними приводить до виділення сірчистого газу; зі стічними водами, що містять ціаніди, – до утворення отрутної синильної кислоти (у вигляді газу); з віскозними – до утворення сірковуглецю. Якщо об'єднати стічні води, що містять сірчану кислоту, зі стічними водами, що містять вапно, то утвориться сульфат кальцію, який випадає в осад, що приводить до заростання труб. Об'єднання стічних вод, насичених сірковуглецем, зі стічними водами, що мають температуру вище 40 °С, може привести до вибуху.

Роздільне очищення стічних вод краще й у тому випадку, якщо в стічних водах забруднююча речовина легко вилучається з води.

У безстічних системах промислових підприємств в оборот включаються також і побутові стічні води після відповідного очищення і доочищення, а у водойму спускаються лише дощові [10,12].

На різних підприємствах застосовуються різні методи очищення стічних вод. На нафтохімічних комбінатах (при виробництві синтетичного спирту, фенолу, ацетону, синтетичних жирних кислот, каучуку й ін.) основними місцями утворення забруднених стічних вод є цехи піролізу вуглеводнів, гідратації етилену і ректифікації спирту. Стічні води цеху піролізу вуглеводнів містять етилен, бутан, ізобутан, бензол, толуол, ксилол, нафталін. У стічних водах цеху гідратації етилену і ректифікації спирту присутні спирти, ацетальдегід, продукти полімеризації, смола. При застосуванні біологічних методів очищення вміст органічних речовин (бензолу, толуолу, нафталіну та ін.) у стічних водах значно знижується.

Сумісне повне біологічне очищення виробничих і міських стічних вод у двоступінчастих аеротенках-змішувачах може позитивно позначитися на зниженні вартості будівництва і зменшенні річних експлуатаційних витрат (рис.1.5).

На промислових підприємствах значного поширення набула закрита водовідвідна мережа. Стічні води, небезпечні в санітарному відношенні, а

також води, які містять вибухонебезпечні, пожежонебезпечні домішки, транспортуються тільки по закритій мережі трубопроводів.

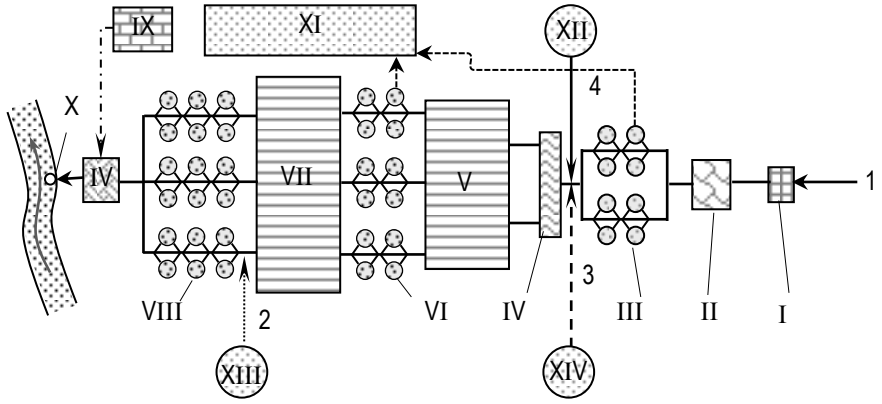


Рис.1.5. Принципова схема очисних споруд групи промислових підприємств міста [4]:
I – будівля грат і насосної станції; II – піскоуловлювач; III, VI і VIII – відповідно первинні, вторинні та третинні відстійники; IV – змішувачі; V і VII – аеротенки відповідно I і II ступенів; IX – хлораторна; X – розсіюючий випуск; XI – споруди обробки осаду; XII– XIV – споруди попереднього очищення стоків промислових підприємств; 1 – міські стічні води; 2 – стічні води заводу синтетичного каучуку: 3 – те ж, нафтопереробного комбінату; 4 – те ж, заводу пластмас і ізоляційних матеріалів

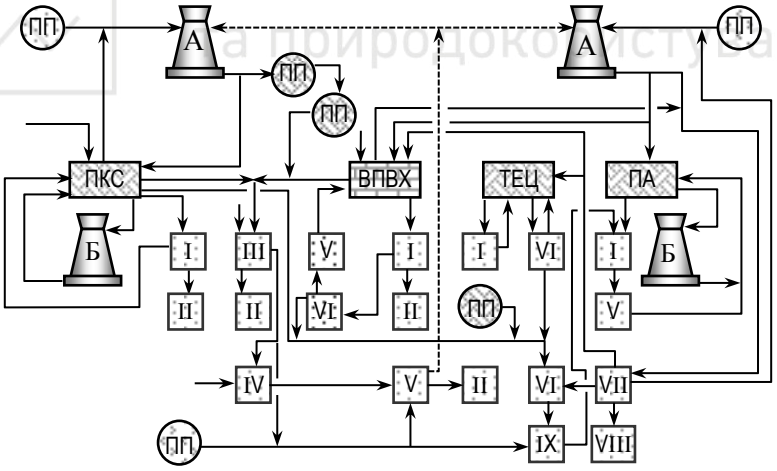


Рис. 1.6. Комплексна схема очищення, використання і ліквідації стічних вод хімічного комбінату [4]:
А – кущова система обігу води; Б – локальна система обігу води; ПА – виробництво ацетилену; ПКС – виробництво каустичної соди; ВПВХ – виробництво полівінілхлориду; ПП – інші виробництва; I – споруди локального очищення стічних вод; II – установки для вилучення з стічних вод цінних домішок, їхня регенерація і утилізація; III – споруди біологічного очищення стічних вод; IV – буферний ставок; V – споруди доочищення стічних вод; VI – споруди фізико-хімічного очищення стічних вод; VII – установка для опріснення стічних вод; VIII – свердловини підземного поховання розсолів; IX – шламонакопичувач

Розрахунок лотків і труб для відводу стічних вод від окремих апаратів і їхніх груп проводиться по максимальній секундній витраті. Цехові лотки і трубопроводи, а також зовнішні колектори від окремих цехів або заводських корпусів розраховують за максимальними годинними витратами від цеху або за сумою максимальних годинних витрат від окремих цехів. На підприємствах найчастіше проектується централізована схема, однак за певних умов можливе застосування і децентралізованої схеми.

Схеми очищення, використання і ліквідації стічних вод промислових підприємствах залежать від якості стічних вод, вимог виробництва, вимог екологічного менеджменту і характеризуються значним розмаїттям та складністю (рис.1.6).

1.3. Загальні відомості про склад стічних вод промислових підприємств

Стічні води підприємств поділяють на три види: виробничі, господарсько-побутові, атмосферні.

Виробничі стічні води утворюються в технологічних процесах добування та переробки сировини і вироблення певної продукції, а також в період експлуатації різноманітного устаткування, механізмів, агрегатів, транспортних засобів. Виробничі стоки поділяють на дві основні категорії – забруднені стічні води; умовно чисті стічні води.

Забруднені стічні води містять різноманітні домішки і поділяються на три групи:

- забруднені переважно мінеральними домішками;
- забруднені переважно органічними домішками;
- забруднені мінеральними і органічними домішками.

За концентрацією забруднюючих речовин виробничі стічні води поділяються на чотири групи: 1–500, 500–5000, 5000–30000, більш 30000 мг/л.

Виробничі стічні води можуть розрізнятися за фізичними властивостями забруднювачів (наприклад, за температурою кипіння: <120, 120–250 і >250°С).

За ступенем агресивності ці води поділяють на слабо агресивні (*слабко кислі з pH=6* і слабко лужні з *pH*=8), *сильно агресивні* (сильно кислі з *pH*<6 і сильно лужні з *pH*>9) *і неагресивні* (*pH*=6,5).

Крім того, забруднені виробничі стічні води класифікуються за складом токсичних і небезпечних в епідеміологічному відношенні речовин і домішок, а також за наявністю концентрованих відходів виробництва, що не підлягають спуску у водовідвідну мережу.

Побутові води утворюються від санітарних вузлів виробничих і невиробничих корпусів і будівель, від душових установок тощо. **Атмосферні** – дощові води і води від танення снігу.

Кількість і якість стічних вод, насамперед, визначаються ***видом продукції, яка виробляється.*** Щоб оцінити значення цього чинника, достатньо порівняти, наприклад, стічні води підприємств легкої, нафтопереробної та металургійної промисловості (табл.1.1.).

Кількість виробничих стічних вод визначається в залежності від продуктивності підприємства за укрупненими нормами водоспоживання і водовідведення для різних галузей промисловості.

Таблиця 1.1

Питомі витрати води та стічних вод для деяких виробництв [6]

Вид продукції	Витрата на одиницю продукції, м^3		
	загальна кількість води (разом з свіжою водою)	безповоротне споживання і втрати води	стічна вода
Виробництво чавуну, 1 т	401	33	4
Виробництво сталі, 1 т	360	29	4
Виробництво складних добрив, 1 т	52	2,1	2,9
Синтетичні волокна, 1 т	2590	95	195
Нафтопереробні заводи паливного профілю, 1 т нафти	20,6	0,4	0,2
Виробництво сульфатної целюлози, 1 т	1240	2,1	197,9
Виробництво паперу, 1 т	350	1,4	83,6
Виробництво вовняних тканин, 1000 м	2230	65	325
Молокозаводи, 1 т молока	50	0,5	6,5
М'ясокомбінати, 1 т готової продукції	83	3,7	19,3

В укрупнену норму водоспоживання входять усі витрати води на підприємстві – виробничі, господарсько-питні, на душові установки і т.п. Укрупнені норми водоспоживання і водовідведення вимірюються в м^3 води на одиницю готової продукції або використовуваної сировини.

Якість стічних вод характеризується вмістом компонентів, специфічних для даного виду виробництва; загальною кількістю органічних речовин; активною реакцією; інтенсивністю кольору; ступенем мінералізації; наявністю біогенних елементів; режимом притоку; властивостями домішок і ін. (рис.1.7). Ці дані дозволяють вибрати найбільш раціональний метод очищення стічних вод певного підприємства.

Фізико-хімічні показники виробничих стічних вод окремих підприємств свідчать про широкий діапазон коливань складу цих вод, що викликає необхідність ретельного обґрунтування вибору оптимального методу очищення для кожного виду вод [9,14].

Заводи чорної металургії. Вода забруднена завислими неорганічними речовинами (0,2–5 мг/л – різні цехи), окалиною (0,3–2 г/л – прокатні цехи), залізом 3–5 мг/л і мастилами 200–250 мг/л (виробництво жесті); сірчаною кислотою до 0,3 г/л і залізним купоросом до 0,7 г/л (травильні установки – промивні води), фенолом 0,7–1 г/л тощо .

Коксохімічні заводи. Стічні води містять зважені речовини (0,3–0,5 г/л), смоли і мастила (0,3–0,5 г/л), феноли (0,4–1,8 г/л), аміак (0,2–3 г/л і більш), ціаніди і роданіди (0,1–0,4 г/л), солі неорганічних кислот. Високий вміст органічних речовин – $БПК_5$=0,8–3 г/л (хімічні цехи – фенольні води).

Заводи кольорової металургії. Вміст у воді мінеральних завислих речовин коливається від 0,1–0,2 (у середньому по заводах) до 7–8 г/л (цехи

Національний університет водного господарства та природокористування

газоочищення), вміст кольорових металів складає 1,5–170 мг/л, у малих концентраціях зустрічаються залізо, сульфати, хлориди.

Нафтопереробні заводи з нафтохімічними виробництвами. Стічні води забруднені нафтою і нафтопродуктами від 150 мг/л до 15 г/л, завислими речовинами до 300 мг/л, солями (хлориди) 3–15 мг/л, різними органічними речовинами. *БПК* стічних вод коливається від 150 мг/л (більшість виробництв) до 7 г/л (виробництво жирних кислот).

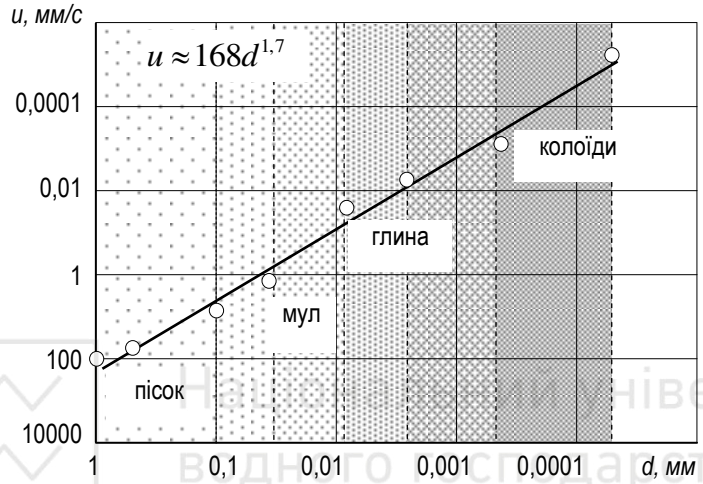


Рис. 1.7. Взаємозв'язок гідравлічною крупністю і геометричними розмірами домішок стічних вод

Нафтопромисли. Вода містить хлориди кальцію і натрію (від 5 до 180 г/л – відповідно лужні і тверді пластові води промислів), нафтопродукти (від 100 мг/л до 5 г/л), завислі речовини (від 150 мг/л до 11 г/л), залізо (10–150 мг/л), сірководень (25–400 мг/л).

Целюлозно-паперові заводи. Вміст у стічних водах завислих речовин досягає 400 мг/л (у лужному стоці до 2 г/л), вони утворюються в основному за рахунок деревного волокна і целюлози. Можлива присутність у воді невеликих концентрацій лігніну й органічних кислот. $БПК_5$ стічних вод складає 100–250 мг/л для загального стоку сульфатних заводів і 0,8–2 г/л – для сульфітних.

Заводи основної хімії. Стічні води кислотних заводів у нормальних умовах містять незначну кількість мінеральних кислот. Вода суперфосфатних заводів забруднена хлористим і кремнефтористим натрієм (10–20 г/л), соляною і фтористоводневою кислотами (5–20 г/л). Стічна вода виробництва кальцинованої соди містить до 120 г/л хлористого кальцію, до 70 г/л хлористого натрію, до 12 г/л гідроокису кальцію і магнію. При виробництві аміаку, у залежності від способу його одержання, стічні води містять сірководень (10–40 мг/л), миш'яковистий ангідрид (25 мг/л), вуглекислий газ (до 3,5 г/л), вільний аміак (до 500 мг/л); мідь (0,2–1 г/л), сульфати (25 г/л); роданіди, фенол і інші речовини.

Машинобудівні й автомобільні заводи. Концентрація забруднень у стічних водах складає: ціанідів – 70 – 120 мг/л, хрому - 40–60 мг/л, кислот - 70–100 мг/л, нафтопродуктів – 25 – 40 мг/л (цехи металопокриттів), завислих речовин – 100 – 200 мг/л (загальний стік). У відпрацьованих розчинах і емульсіях вміст забруднень досягає: хрому – 200 г/л, ціану – 100 г/л, мастил і емульсолу – 50 г/л, окалини – 15 г/л.

Текстильні підприємства. Основні забруднюючі воду речовини: миючі засоби (50 – 120 мг/л), звислі речовини (250 – 400 мг/л), барвники; *БПК* досягає 300 – 350 мг/л. Сильно забруднені стічні води фабрик первинної обробки вовни: завислі речовини (20 – 40 г/л), тваринний жир (8 – 12 г/л); $БПК_{20}$ – 16 – 20 г/л.

На промислових підприємствах значна частина води (на окремих виробництвах до 70 – 90%) витрачається на охолодження продуктів у теплообмінних апаратах. Крім того, вода використовується для транспортування і поглинання розчинених або нерозчинених домішок; як розчинник реагентів, як середовище, де відбуваються фізико-хімічні реакції, для промивання проміжної і готової продукції (вода забруднюється продуктами, з якими вона стикається).

Таким чином, вода на промислових підприємствах використовується, як правило, для допоміжних цілей і до складу продукції входить лише в деяких технологічних процесах і порівняно в невеликих кількостях.

Значний вплив на кількість і склад виробничих стічних вод має система водопостачання: чим більше використовуються води оборотного циклу на технологічні потреби в тих же або в інших операціях даного або сусіднього підприємства, тим менше абсолютна кількість стічних вод і тим більша кількість забруднень у них затримується.

При відсутності норм водовідведення кількість стічних вод визначається за технологічними розрахунками відповідно до регламенту виробництва.

1.4. Розрахункові витрати виробничих стічних вод. Режим водовідведення

Розрахункові витрати виробничих стічних вод, що надходять на очисні споруди, $Q^i_д$, м^3/доб, і $q_{макс.з}$, л/с визначаються за наступними формулами

$$Q^i_д = N \cdot M \ , \tag{1.7}$$

$$q_{макс.з} = \frac{N \cdot M_{макс.з}}{T \cdot 3{,}6} K_г \tag{1.8}$$

де N – норма водовідведення на одиницю продукції або сировини, що переробляється, з врахуванням водообігу, м^3; M и $M_{макс.з}$ – кількість одиниць продукції або сировини, що переробляється, при максимальному випуску відповідно на добу і на зміну; T – кількість робочих годин у зміну; $K_г$ – коефіцієнт годинної нерівномірності; $q_{макс.з}$ – розрахункові секундні витрати виробничих стічних вод.

Національний університет водного господарства та природокористування

Якщо до складу підприємства входить ряд виробництв, що випускають різну продукцію, то визначають кількість стічних вод для кожного виробництва або заводу в цілому:

$$\sum Q_д^i = N_1 M_1 + N_2 M_2 + \cdots + N_n M_n \,, \tag{1.9}$$

де N_1, N_2, ..., N_n – норми водовідведення на одиницю продукції або сировини, що переробляється, на окремих виробництвах; M_1, M_2, ..., M_n – кількість одиниць продукції або сировини, що переробляється, на окремих виробництвах за добу.

У ряді випадків необхідно визначати кількість стічних вод, що скидаються з апаратів, а також кількість стічних вод, що відрізняються за характером і концентрацією забруднень.

Розрахункові добові, годинні і секундні витрати побутових стічних вод на промислових підприємствах визначаються для зміни з максимальною кількістю працюючих людей з урахуванням числа робочих годин у зміну за наступними формулами [3]:

$$Q_д^{ii} = \frac{25 \cdot n_1 + 45 \cdot n_2}{1000} \,, \tag{1.10}$$

$$Q_{макс.г}^{ii} = \frac{25 \cdot n_3 \cdot K_1 + 45 \cdot n_4 \cdot K_2}{T \cdot 1000} \,, \tag{1.11}$$

$$q_{макс.с}^{ii} = \frac{25 \cdot n_3 \cdot K_1 + 45 \cdot n_4 \cdot K_2}{T \cdot 3600} \,, \tag{1.12}$$

де n_1 і n_2 – кількість працюючих у добу в цехах при нормах водовідведення відповідно 25 і 45 л на одну людину (холодні і гарячі цехи); n_3 і n_4 – максимальна кількість працюючих у зміну при тих же нормах водовідведення; K_1 і K_2 – коефіцієнти годинної нерівномірності, що відповідають тим же нормам водовідведення і дорівнюють 3 і 2,5.

Приклад розподілу витрати стічних вод від побутових приміщень по годинах доби в залежності від коефіцієнта годинної нерівномірності приведений у табл. 1.2. Витрати стічних вод від душових установок у побутових приміщеннях промислових підприємств обчислюють у відповідності від кількості душових сіток $m_д$, що визначається в залежності від характеру процесу, його санітарної характеристики, кількості працюючих, що користуються душем у найбільш численну зміну.

Орієнтовно кількість робітників, що користуються душем, у текстильній промисловості складає 10%, машинобудівній – 25%, металургійній, металообробній, хімічній, целюлозно-паперовій – 40%, харчовій, шкіряній, будівельних матеріалів – 75% і т.д.

Розрахункова кількість людей на 1 душову сітку залежить від категорії виробництва і складає: для мартенівських, прокатних, термічних, ковальських, ливарних, вогнетривких, нафтохімічних, віскозних, хлорних, фенольних цехів

– 3 чол.; для харчових, фармацевтичних, металообробних, бавовняних, фарбувальних, скляних, мийних цехів – 5 чол.; для прядильних, ткацьких, текстильних, сушильних цехів – 7 чол.; для механоскладальних, інструментальних, деревообробних – 15 чол. і т.д.

Таблиця 1.2

Розподіл витрат побутових стічних вод на промисловому підприємстві впродовж зміни (% змінної витрати) [3,6]

Години зміни	У холодних цехах при $K_г$=3	У гарячих цехах при $K_г$=2,5	Години зміни	У холодних цехах при $K_г$=3	У гарячих цехах при $K_г$=2,5
1	12,5	12,5	5	6,25	8,12
2	6,25	8,12	6	6,25	8,12
3	6,25	8,12	7	6,25	8,12
4	18,75	15,65	8	37,5	31,25

Витрата води на 1 душову сітку складає 500 л/год при коефіцієнті нерівномірності $K_г$=1. Витрата душових вод приймається в першу годину наступної зміни в обсязі 100 % змінної витрати попередньої зміни, при цьому тривалість користування душем дорівнює 45 хв.

Розрахункові витрати душових стічних вод визначаються за формулами:

$$Q^{iii}_{макс.з} = \frac{500 \cdot m_д \cdot 45}{1000 \cdot 60} = 0{,}375 \cdot m_д, \qquad (1.13)$$

$$q^{iii}_{макс.с} = \frac{500 \cdot m_д}{3600} = 0{,}139 \cdot m_д, \qquad (1.14)$$

де $Q^{iii}_{макс.зм}$ – витрата душових вод у зміну з максимальною кількістю робітників, м^3/год; $q^{iii}_{макс.с}$ – максимальна витрата душових вод, л/с; $m_д$ – кількість душових сіток.

Добова витрата душових вод залежить від витрат води по змінах, а також від кількості змін.

На промислових підприємствах визначаються також витрати стічних вод від їдалень, пралень і ін.

Розрахункові витрати дощових вод визначаються в залежності від місцевих умов – географічного місцезнаходження промислового підприємства, рельєфу місцевості і ступеня благоустрою території. Дощові води з території промислового підприємства відводяться самостійною мережею або разом з виробничими стічними водами.

Режим водовідведення. При проектуванні водовідвідних мереж і очисних споруд необхідно знати не тільки добову кількість стічних вод, але і режим їхнього надходження за годинами доби, інакше кажучи, годинний графік припливу стічних вод [19]. Виробничі стічні води протягом зміни можуть надходити рівномірно і нерівномірно. На ряді виробництв хімічної, легкої,

текстильної, фармацевтичної, харчової та інших галузей промисловості відбуваються залпові надходження висококонцентрованих і високотоксичних стічних вод, при цьому періодичність скидання може бути 1 раз на зміну, на добу, на тиждень. Режим спуску виробничих стічних вод цілком визначається регламентом технологічного процесу в окремих цехах і на промисловому підприємстві в цілому.

Для промислових підприємств, крім режиму водовідведення стічних вод за годинами доби, варто враховувати графіки добового коливання складу цих вод за основними фізико-хімічними показниками, а також за специфічними забруднюючими компонентами (поверхнево-активними, токсичними, отруйними і радіоактивними речовинами).

1.5. Умови випуску виробничих стічних вод в міську водовідвідну мережу

При розташуванні промислових підприємств у містах або поблизу них, а також при рішенні про сумісне очищення стічних вод групи підприємств промислової зони і прилеглого житлового масиву забруднені виробничі води можуть скидатися в міську водовідвідну мережу. Очищення суміші побутових і виробничих стічних вод у цьому випадку здійснюється на єдиних очисних спорудах. У зв'язку з тим що в стічних водах промислових підприємств можуть міститися специфічні забруднення, їхній спуск у міську водовідвідну мережу обмежений рядом вимог, установлених відповідними правилами прийому виробничих стічних вод у системи каналізації населених пунктів [2].

Виробничі стічні води при скиданні їх у водовідвідну мережу не повинні:

- перевищувати витрати стічних вод і вміст завислих, спливаючих речовин, установлених для конкретного промислового підприємства;
- порушувати роботу мереж і споруд;
- містити речовини, що здатні засмічувати труби водовідвідних мереж або відкладатися на стінках труб;
- виявляти руйнівну дію на матеріал труб і елементи очисних споруд;
- містити горючі домішки і розчинені газоподібні речовини, здатні утворювати вибухонебезпечні суміші у водовідвідних мережах і очисних спорудах;
- містити шкідливі речовини в концентраціях, що перешкоджають біологічному очищенню стічних вод або скиданню їх у водойму (з урахуванням ефективності очищення);
- мати температуру вище 40°С;
- мати *pH* за межами 6,5–9;
- містити небезпечні бактеріальні забруднюючі речовини;
- мати *ХПК*, що перевищує $БПК_{повн}$ більш ніж у 1,5 рази.

Виробничі стічні води, що не задовольняють зазначеним вимогам, повинні підлягати попередньому очищенню. Ступінь цього очищення повинен бути погоджено з органами місцевої влади.

Об'єднання стічних вод, здатних вступати в хімічні реакції з утворенням

Національний університет водного господарства та природокористування

отруйних або вибухонебезпечних газів і утворювати емульсії, що мають велику кількість нерозчинених речовин, не допускається. Забороняються залпові скидання сильноконцентрованих виробничих стічних вод. При значних коливаннях їхнього складу впродовж доби необхідно передбачати ємності-осереднювачі, що забезпечують однорідність складу води.

Таблиця 1.3

Допустимі концентрації речовин у суміші побутових і виробничих стічних вод

Речовина	$БПК_{повн}$, мг/мг речовини	*ХПК*, мг/мг речовини	Розрахункові параметри очищення		
			Допустима концентрація[1], мг/л	Середня швидкість зняття сухої речовини[2]	Допустима концентрація у суміші стічних вод[3]
Анілін	1,9	2,4	100	9	6
Ацетон	1,68	2,17	6000	28	40
Бутанол	1,8	2,58	600	15	10
Гліцерин	0,86	1,23	1150	30	90
Капролактам	1,8	2,12	300	22	25
Метанол	1,05	1,5	950	23	30
Толуол	1,1	1,87	200	8	15
Фенол	1,18	2,38	1000	14	15
Етанол	1,45	2,08	700	19	14

Стічні води, у яких можуть міститися радіоактивні, токсичні і бактеріальні забруднення, перед випуском у міську водовідвідну мережу повинні бути знешкоджені і знезаражені. Випуск концентрованих маточних[4] і кубових[5] розчинів безпосередньо у водовідвідну мережу забороняється. Незабруднені стічні води приймають у міську мережу в тих випадках, коли необхідне розведення сильноконцентрованих забруднених стоків. Обмеження прийому незабруднених стічних вод обумовлено недоцільністю перевантаження міської мережі водою, що не вимагає очищення і може бути використана на виробництві або спущена у водостічну мережу. При наявності у виробничих стічних водах тільки мінеральних забруднень випуск цих вод у міські колектори також недоцільний, тому що після локальної обробки ці води можуть бути використані у виробництві або випущені у водойму.

Щоб уникнути корозії водовідвідних колекторів і очисних споруд або порушення процесів біологічного очищення кислі і лужні виробничі стічні води при спуску у водовідвідну мережу необхідно або нейтралізувати, або осереднювати.

---

[1] Допустима концентрація (у чистому розчині при очищенні в аеротенках-змішувачах), мг/л

[2] Середня швидкість (у чистому розчині при очищенні в аеротенках-змішувачах), мг $БПК_{повн}$ на 1 г сухої речовини активного мулу за 1 год

[3] Допустима концентрація у суміші стічних вод міських комунальних каналізацій (повне очищення в аеротенках з дозою мулу 1,8 г/л і тривалістю аерації 7 год), мг/л

[4] Маточний розчин – рідина, що залишається після виділення із розчину кристалів розчиненої речовини.

[5] Кубовий залишок – малолеткий висококиплячий залишок, що утворюється у процесах дистиляції та ректифікації рідких сумішей на фракції.

Національний університет водного господарства та природокористування

Для забезпечення нормальної роботи міських очисних споруд при сумісному очищенні виробничих і побутових стічних вод необхідно дотримувати певних умов. Суміш цих стічних вод у будь-який час доби не повинна мати: температуру нижче 6 і вище 30°С; активну реакцію середовища нижче 6,5 і вище 8,5; загальну концентрацію розчинених солей більш 10 г/л; нерозчинених мастил, смол, мазуту; біологічно важкоокиснюваних органічних речовин; концентрацію шкідливих речовин, що перевищує гранично припустиму концентрацію (*ГДК*); речовин, для яких не встановлені *ГДК* у воді водойм, і ін.

ХПК[6] при сумісному біологічному очищенні виробничих і побутових стічних вод не повинна перевищувати $БПК_{повн}$ більш ніж у 1,5 рази. Мінімальний вміст біогенних елементів у суміші визначається зі співвідношення 100 : 5 : 1 ($БПК_{повн}$: амонійний азот : фосфор) [3]. Якщо це співвідношення не витримується, то перед спорудами біологічного очищення в стічні води необхідно вводити додаткову кількість біогенних елементів у вигляді розчинів аміачної води, фосфорнокислого калію й ін.

Розрахунок споруд біологічного очищення проводять за сумою органічних забруднень, виражених $БПК_{повн}$. Склад споруд повинен вибиратися в залежності від характеристики і кількості стічних вод, що надходять на очищення, необхідного ступеня їхнього очищення, методу використання осаду і місцевих умов.

Допустимі концентрації забруднюючих речовин у стічних водах підприємств визначають, виходячи з таких умов [2]:

- допустимих концентрацій забруднюючої речовини в каналізаційній мережі (на випуску підприємства);
- допустимих концентрацій забруднюючої речовини в спорудах біологічного очищення (на вході в ці споруди);
- величини лімітів на скид забруднюючих речовин у водойму, які встановлені водоканалам органами Мінекоресурсів України в дозволах на спеціальне водокористування;
- допустимого вмісту важких металів в осадах стічних вод, що використовуватимуться як органічні добрива.

З цих чотирьох величин найменша встановлюється як допустима концентрація.

При визначенні допустимих концентрацій забруднюючої речовини в стічних водах допустима концентрація в спорудах біологічного очищення розраховується за формулою

$$ДК_i = \frac{(C_i - C_{i.гп})Q}{\sum Q_n} + C_{i.гп}, \qquad (1.15)$$

[6] **Хімічна потреба в кисні (ХПК)** – кількість розчиненого кисню, витрачена на хімічне окислення органічних і неорганічних домішок води під дією сильного окислювача - біхромату калію. **Біохімічна потреба в кисні (БПК)** – кількість розчиненого кисню, витраченого на біохімічне окислення речовин, які містяться у воді, за певний проміжок часу і за певних умов.

де C_i – допустима концентрація забруднюючої речовини в аеротенку, г/м^3; $C_{i.гп}$ – концентрація забруднюючої речовини в господарсько-побутових стічних водах, г/м^3)[7];Q – середньодобова витрата стічних вод на вході на очисні споруди, м^3/добу; ΣQ_n - середньодобова витрата стічних вод підприємств, які можуть містити це забруднення, м^3/добу;

У разі наявності в міських стічних водах кількох забруднюючих речовин 1-го і 2-го класів небезпеки, що нормуються за санітарно-токсикологічною ознакою, необхідно зменшити допустимі концентрації, кожної з цих речовин у стільки разів, скільки таких речовин надходить зі стічними водами [9,13].

Допустимі концентрації конкретного забруднення за величиною загального ліміту на його скид у водойму ($Л_{заг}$, т/рік) розраховують за формулою

$$ДК_i = \frac{(Л_{заг} - Л_{гп})10^6}{365(1-K_p)\sum Q_n}, г/м^3 \qquad (1.16)$$

де $Л_{гп}$= $[365C_{i.гп}Q_{гп}(1 - K_p)]\cdot 10^{-6}$, т/рік – частка ліміту, яка припадає на господарсько-побутовий стік населеного пункту; ΣQ_n – середньодобова витрата стічних вод підприємств, які можуть містити це забруднення, м^3/добу; K_p – коефіцієнт ефективності видалення даного забруднення на міських очисних спорудах.

Якщо на якусь речовину загальний ліміт ($Л_{заг,}$ т/рік) органами Мінекоресурсів України ще не встановлено, то за ліміт беруть масу речовини, що скидається у водойму за її наявності в суміші стічних вод на рівні $ГДК_{вод}$, установленої для водойми відповідного призначення:

$$Л_{заг} = ГДК_{вод}Q_{заг}10^{-6}, \qquad (1.17)$$

де $Q_{заг}$ – річна кількість стічних вод, м^3/рік; $ГДК_{вод}$ – ГДК забруднюючої речовини у водоймі господарсько-питного та культурно-побутового водокористування, г/м^3 (табл.1 СанПіНу № 4630-88) або ГДК забруднюючої речовин рибогосподарських водойм, г/м^3.

У разі, якщо місцевими органами влади за погодженням з органами МОЗ України прийняте рішення про утилізацію осадів стічних вод як органічних добрив, то виконується додатковий розрахунок допустимої концентрації (*ДК*) важких металів у стічних водах підприємств за допустимою концентрацією важких металів в осадах стічних вод, що утворюються на міських каналізаційних очисних спорудах (МКОС), за формулою

)[7] За відсутності даних приймається: для азоту амонійного - 20 г/м^3; заліза загального - 2 г/м^3; жирів -30 г/м^3; СПАР - 5 г/м^3; хлоридів — додатково 50 г/м^3 до вмісту в джерелі водопостачання; фосфатів - 10 г/м^3; для інших речовин, регламентованих ГОСТ «Вода питна», - за середньорічним умістом у водопровідній воді [2].

$$ДК_{івм} = \frac{(C_{i.вм} - C_{i.вм.гп})Q}{\sum Q_n} + C_{i.вм.гп}, \text{ г/м}^3 \quad (1.18)$$

де $C_{i.вм}$ – допустима концентрація (ДК) важкого металу на вході МКОС, г/м^3 розраховується за формулою

$$C_{i.вм} = \frac{(q_1K_1 + q_2K_2)C_{i.ос}}{K_pQ}, \text{ г/м}^3 \quad (1.19)$$

де q_1 та q_2 – кількість сирого осаду, що затримується у первинних відстійниках, та кількість активного мулу, що затримується у вторинних відстійниках, т/добу; K_1 – коефіцієнт перерахунку сирого осаду первинних відстійників на суху речовину, K_1 = (100 – W_1)/100, де W_1 – вологість сирого осаду, %; K_2 – коефіцієнт перерахунку надлишкового активного мулу вторинних відстійників на суху речовину, K_2=(100 – W_2)/100, де W_2 - вологість надлишкового активного мулу, %; $C_{i\ ос}$ - допустимий вміст важкого металу в осадах, г/т сухої речовини; K_p – коефіцієнт ефективності видалення важкого металу на міських каналізаційних очисних спорудах (МКОС); Q – середньодобова витрата стічних вод на вході на очисні споруди, м^3/добу; ΣQ_n – середньодобова витрата стічних вод підприємств, які можуть містити це забруднення, м^3/добу; $C_{i\ вм\ гп}$ – концентрація важкого металу в господарсько-побутових стічних водах, г/м^3.

За відсутності конкретних даних про кількість осадів первинних та вторинних відстійників загальна кількість осадів стічних вод приймається 0,01Q (1% від середньодобової витрати стічних вод), вологість - 96,2%.

Таблиця 1.4

Допустимий вміст важких металів в осадах стічних вод та ефективність видалення важких металів на міських очисних спорудах (МКОС) [2]

№ з/п	Важкий метал	Максимально допустимий вміст важких металів в осадах МКОС, г/т сухої речовини	Орієнтовна ефективність видалення важких металів на МКОС, K_p
1	Стронцій	300	0,14
2	Свинець	750	0,50
3	Ртуть	15	0,60
4	Кадмій	30	0,60
5	Нікель	200	0,50
6	Хром ($^{+3}$)	750	0,50
7	Марганець	2000	-
8	Цинк	2500	0,30
9	Мідь	1500	0,40
10	Кобальт	100	0,50
11	Залізо	25000	0,50

1.6. Умови випуску виробничих стічних вод в водойми

Природний хімічний склад і властивості води поверхневих водойм формуються в залежності від гідрогеологічних, ґрунтових, кліматичних і інших особливостей району розташування. Істотну роль у погіршенні якості води відіграє господарська діяльність людини, та зв'язане з нею забруднення природних водойм стічними водами [1,13].

Для поверхневих водойм, розташованих поблизу великих промислових населених пунктів, де виробничі стічні води і поверхневий стік очищаються недостатньо, характерне погіршення якості води водойми в межах населеного пункту [8]. В сухий період року річкова вода містить менше різних забруднюючих речовин, ніж під час дощу чи при таненні снігу.

Для збереження якості води поверхневих водойм слід дотримуватися умов випуску виробничих стічних вид.

Вміст шкідливих речовин у воді водойм і у виробничих стоках нормується на основі визначення гранично припустимих концентрацій (*ГДК*) – основного гігієнічного критерію якості води водойм, використовуваного органами Державного контролю. *ГДК* – це максимальні концентрації, при яких речовини прямо або опосередковано не впливають на стан здоров'я населення і не погіршують гігієнічних умов водокористування. Дотримання цього нормативу на практиці сприяє збереженню води поверхневих водойм, придатної для побуту і відпочинку населення. Це – основний критерій ефективності розроблювальних і проведених водоохоронних заходів, основа розрахунку гранично допустимого скиду підприємств (*ГДС*).

Таблиця 1.5

Речовини виробничих стічних вод, які практично не видаляються на міських очисних спорудах

Речовина	Допустима концентрація у водоймі, мг/л	Речовина	Допустима концентрація у водоймі, мг/л
Ацетофенол	0,1	Карбофос	Відсутність
Гексахлорбензол	0,05	Метафос	0,002
Нітрохлорбензол[1]	0,05	Пікринова кислота	0,5
Тетраетилсвинець[1]	відсутність	Трибутилфосфат	0,01
Хлорбензол[2]	0,02	Трихлорбензол	0,03
Гексахлоретан[3]	0,01	ДДТ (технічн.) [4]	Відсутність
Дихлорбензол[3]	0,002	Хлор вільний [4]	Відсутність
Ізопрен[3]	0,005	Хлорофос [4]	Відсутність

Примітки: Лімітуючий показник шкідливості: [1] – Санітарно-токсикологічний; [2] – Загально-санітарний; [3] – Органолептичний; [4] – Токсикологічний для водойм рибогосподарського користування

Ділянки водойм використовують як джерело для централізованого або нецентралізованого господарсько-питного водопостачання, для водопостачання підприємств харчової промисловості, або для купання, спорту і відпочинку населення. Віднесення водойм до того або іншого виду водокористування визначається органами Державного санітарного нагляду з

Національний університет водного господарства та природокористування

урахуванням перспектив використання водойм.

Для кожного з двох видів водокористування правилами визначено показники складу води водойми в пунктах господарсько-питного і культурно-побутового водокористування.

Таблиця 1.6

Допустимі зміни складу води у водоймах і водотоках господарсько-питного і культурно-побутового призначення після випуску в них стічних вод [9]

Показники складу і властивостей води у водоймі після випуску стічних вод	Вимоги до складу і властивостей води у водоймі категорії	
	I	II
Вміст завислих речовин	Допускається збільшення не більше ніж на 0,25 *мг/л*	0,75 *мг/л*
	Для водойм, що містять у межень більше 30 *мг/л* природних мінеральних речовин збільшення вмісту на 6%[8]	
Плівки нафтопродуктів, жирів і інших плаваючих домішок	Не допускаються	
Запахи, присмаки і кольоровість	Допускаються запахи і присмаки з інтенсивністю не більше 2 балів[9]. Кольоровість не повинна виявлятися в стовпчику води висотою: 20 *см*	10 *см*
Температура води	Допускається підвищення не більше ніж на 3° відносно середньомісячної температури найтеплішого місяця	
Водневий показник	Не повинен виходити за межі 6,5–3,6	
Мінеральний склад води	Сухий залишок повинен бути не більшим 1000[10] *мг/л*	
Наявність розчиненого кисню	Повинно бути не менш 4 *мг/л*	
Біохімічна потреба в кисні – $БПК_{повн}$ при температурі 20° С	Не повинно перевищувати 3 *мг/л*	6 *мг/л*
Збудники захворювань	Не допускаються [11]	
Токсичні речовини	Не допускаються в концентраціях, що можуть прямо або побічно шкідливо вплинути на живі організми	

У випадку присутності у воді речовин 1-го і 2-го класу небезпеки розраховується сумарний показник за формулою

$$C_1 / C_{1гд} + C_2 / C_{2гд} + \cdots + C_i / C_{iгд} \le 1 \qquad (1.20)$$

або

$$\sum_1^i \frac{C_i}{C_{inn}} \le 1 \qquad (1.21)$$

[8] завислих речовин зі швидкістю осадження більше 0,4 мм/с для проточних водойм і більше 0,2 мм/с для водойм до спуску забороняються;
[9] безпосередньо або після хлорування води;
[10] (у тому числі хлориди до 300 сульфати до 100 мг/л);
[11] після знезаражування біологічно очищених вод колі-індекс не повинен перевищувати 1000 при вмісті залишкового хлору 1,5 мг/л.

де C_1 C_2,..., C_i, – концентрації речовин 1-го і 2-го класу небезпеки у воді водойми; $C_{1гд}$, $C_{2г.д}$, ..., $C_{iг.д.}$ – ГДК, установлені для відповідних речовин у воді водойми.

Основи нормування в санітарній охороні водойм базуються на *ГДК* окремих шкідливих речовин, що надходять у водойми зі стічними водами. Практично ж у їх складі після відповідного очищення при спуску у водойми містяться десятки різних шкідливих речовин, сумісна присутність яких може взаємно підсилювати шкідливий вплив.

Якщо при розрахунку умова формули (1.21) не дотримується, то санітарний стан водойми не задовольняє нормативним вимогам і необхідно здійснити заходи щодо підвищення ефективності очищення виробничих стічних вод перед їх спуском у водойму.

1.7. Особливості мереж промислового водовідведення

Особливістю водовідвідних мереж промислових підприємств є значне скупчення підземних інженерних комунікацій, можливість транспортування агресивних і вибухонебезпечних середовищ, нерівномірність притоку стоків та ін. Для транспортування виробничих стічних вод застосовуються закриті трубопроводи, відкриті лотки, канали різних форм поперечного перерізу. При цьому для відводу виробничих стічних вод, перекачування обводненого мулу допускається застосування труб діаметром не менш 150 мм; для вуличної мережі побутових стоків і дощових вод – 200 мм; для вуличної дощової і загальносплавної мережі – 250 мм [7,20].

Матеріал, з якого виконується колектор, вибирають у залежності від складу стічних вод, гідрогеологічних умов на трасі колектора, перетинань з підземними комунікаціями, дорогами та іншими перешкодами [21].

Самопливні каналізаційні трубопроводи виконуються з керамічних, азбестоцементних, залізобетонних, бетонних, чавунних і пластмасових труб. Для транспортування агресивних стічних вод застосовують кислототривкі керамічні, полімерні труби. Напірні трубопроводи зводять із залізобетонних, азбестоцементних, полімерних, чавунних, сталевих труб. Канали для транспортування агресивних середовищ повинні бути захищені відповідними ізолюючими матеріалами – фарбами, футеруванням та ін.

Виходячи з наявності в стічних водах шкідливих речовин передбачають вентиляцію мережі, що здійснюється шляхом природної витяжки забрудненого повітря через стояки внутрішньої каналізації будинків, виведені через дах, при цьому свіже повітря надходить у мережу через нещільності люків оглядових колодязів. Крім того, витяжні пристрої передбачають у верхніх камерах дюкерів, у перепадних колодязях (при перепаді більш 1 м і витраті води 50 л/с і більш) та ін. На колекторах, відводах від будинків, витяжні стояки встановлюють не рідше ніж через 250 м, діаметр стояків приймається 300 мм, висота – не менше 5 м. В якості стояків допускається використання залізобетонних труб, які одночасно використовують для підвіски проводів або установки освітлювальних приладів.

Національний університет водного господарства та природокористування

При відповідному обґрунтуванні, на колекторах виробничих стічних вод можна влаштовувати механічну витяжну вентиляцію. Така вентиляція, як правило, застосовується на магістральних водовідвідних колекторах глибокого закладення.

Розрахункове наповнення в трубах – відношення шару води *h* до висоти *d* (діаметру) колектора, нормується при розрахунковій витраті води (максимальній секундній) у залежності від діаметра труб (табл. 1.7.). Для колекторів з іншою формою перетину висотою 900 мм і більше граничне наповнення приймають рівним 0,8 висоти.

Таблиця 1.7

Розрахункове наповнення для труб круглого перетину [7]

Водовідвідна мережа	Гранично припустиме розрахункове наповнення *h/d* при діаметрі труб, мм			
	150–300	350–450	500–900	більше 900
Побутова і близька до неї за характером забруднення води виробнича мережа	0,6	0,7	0,75	0,8
Виробнича мережа забруднених вод при відносно рівномірному їхньому спуску	0,7	0,8	0,85	0,95
Загальносплавна, дощова і мережа виробничих стоків	1	1	1	1

При проектуванні у водовідвідній мережі передбачають мінімальну швидкість руху стічних вод, при якій не відбувається випадання в осад твердих механічних часток (швидкість самоочищення). Максимальна швидкість руху води не повинна призводити до руйнування труб або каналів у результаті динамічного впливу потоку або стирання поверхневого шару лотків твердими частками, що містяться в стічній воді.

Швидкість, за якої спостерігається самоочищення для побутових або близьких до них за характером забруднень виробничих стічних вод, у залежності від діаметра труб нормується і може бути визначена за виразом: $V = 0{,}12 \cdot d^{0{,}33}$, м/с

Мінімальну розрахункову швидкість руху прояснених або біологічно очищених стічних вод у трубах і каналах допускається приймати 0,4 м/с; швидкість руху непрояснених стічних вод у дюкерах – не менш 1 м/с.

Найбільша швидкість руху побутових і виробничих стічних вод допускається в металевих трубах (8 м/с), а в трубах з інших матеріалів – 4 м/с. Швидкість руху води в системах дощового водовідведення – відповідно – 10 і 7 м/с. Найбільша швидкість руху дощових або тих, що спускаються у водотоки і водойми, виробничих стічних вод у каналах із глибиною води від 0,4 до 1 м допускається, при кріпленні каналів бетонними плитами 4 м/с, подвійному мощені каменем 3–3,5 м/с, одинарному мощені 2 м/с, одернуванні 1 м/с [11].

При глибині води в каналі менш 0,4 або більш 1 м швидкість води відповідно знижується на 15% і підвищується на 25%.

Національний університет водного господарства та природокористування

Для пропуску розрахункової витрати стічних вод приймається необхідний діаметр каналізаційних колекторів і належні їхні ухили, при яких забезпечується швидкість самоочищення. У цих цілях ухили трубопроводів для усіх видів стічних вод складають для діаметру труб 150 мм не менш 0,008, а для діаметру 200 мм – не менш 0,005 (при несприятливому рельєфі місцевості для окремих ділянок мережі допускаються відповідно ухили 0,007 і 0,004) [7,20].

Водовідвідні мережі, що проходять паралельно іншим інженерним комунікаціям, з метою захисту фундаментів будинків, наземних і підземних споруд, а також для можливості виконання будівельних і ремонтних робіт повинні знаходитися від цих споруд на нормованих відстанях (табл. 1.8).

Таблиця 1.8

Відстані, що допускаються, до водовідвідних мереж

Споруди і трубопроводи	Найменша відстань, що допускається, до мережі, м	
	Напірних систем	Самопливних систем
Фундаменти будинків, підземні частини споруд (зовнішні поверхні)	5*	3*
Системи водовідведення:		
трубопроводи	0,4	
колодязі (зовнішня поверхня)	0,15	
Газопроводи з тиском:		
до 0,005 МПа (0,05 кгс/см^2)	1	
до 0,3 МПа (3 кгс/см^2)	1,5	
> 0,6 МПа (6 ктс/см^2)	2	
0,6 – 1,2 МПа (6 – 12 кгс/см^2)	5	
Водопровід питний діаметром:		
200 мм більш	1,5	
200 мм	3	
Кабелі:		
силові	1	
зв'язку	0,5	
Теплопроводи	1	
Коштовні породи дерев (поверхні стовбурів)	2 – 1,5	

*За умови закладення каналізаційної мережі не нижче лінії природного укосу ґрунту в основі будинків і споруд.

При перетинанні водопровідних трубопроводів каналізаційними останні, як правило, укладаються нижче них не менш ніж на 0,4 м (між стінками труб). Ця вимога не дотримується при влаштуванні в місці перетинів на водогінній мережі кожухів довжиною 6 м у глинистих ґрунтах і 20 м у фільтруючих.

Найменша глибина закладання каналізаційних трубопроводів установлюється на основі досвіду експлуатації мережі для конкретного району. Допускається влаштовувати лотки труб діаметром до 500 мм на 0,3 м вище глибини промерзання ґрунту, а для труб більшого діаметра – на 0,5 м

вище. При цьому відстань від верха труби до поверхні землі (планування) повинна бути не меншою 0,7 м, що охороняє труби від ушкоджень наземним транспортом.

Найбільша глибина закладання самопливних колекторів, що прокладаються відкритим способом, залежить від міцності труб, ґрунтових умов, методу проведення робіт. Практично вона не перевищує 4…6 м для керамічних або азбестоцементних труб і 6…8 м для залізобетонних. Вибір більшої глибини закладання водовідвідних трубопроводів обґрунтовують техніко-економічними розрахунками.

Для можливості контролю стану самопливної мережі, її чищення і вентиляції передбачаються колодязі або камери. Для запобігання поширення вогню при виникненні пожежі на водовідвідних мережах, в яких виділяють горючі суміші передбачаються гідрозатвори. У колодязях на мережах, якими транспортують агресивні стоки, передбачають відповідний захист лоткової частини.

1.8. Визначення необхідного ступеня очищення виробничих стічних вод

Для правильного визначення необхідного ступеня очищення стічних вод, що спускаються у водойму, у кожному випадку треба мати докладні відомості про їх кількість та склад, а також дані детальних обстежень водойми, що характеризують місцеві гідрологічні та санітарні умови [16,17]. Необхідний ступінь очищення стічних вод визначається загальносанітарними та органолептичними показниками шкідливості кожного з показників забруднення [22].

Розрахунки з визначення необхідного ступеня очищення стічних вод, що спускаються у водойму, проводять за: кількістю завислих речовин, допустимою величиною БПК в суміші річкової води і стічних вод, споживанням стічними водами розчиненого кисню, температурою води, забарвленням, запахом, сольовим складом, гранично допустимою концентрацією токсичних домішок та іншими шкідливими речовинами, зміною величини активної реакції води водойми [6,9].

Взаємозв'язок між санітарними вимогами до умов спуску стічних вод у водойми (відповідність складу і властивостей води водойми встановленим нормативам) і необхідним ступенем очищення стічних вод перед спуском їх у водойму можна представити в загальному вигляді:

$$C_{ст}q + C_p aQ \le (aQ + q)C_{гд}, \qquad (1.22)$$

де $C_{ст}$ - концентрація забруднення (шкідливої речовини) стічних вод (розрахунковий показник складу та властивостей води відповідно до санітарних вимог), мг/л; C_p - концентрація цього ж виду забруднення у воді водойми вище місця випуску розглянутого стоку, мг/л; $C_{гд}$ - гранично допустимий вміст забруднення у воді водойми, мг/л; Q - витрата води у водоймі, л/с; q-витрата стічних вод, що надходять у водойму, л/с; а -

коефіцієнт змішування, що показує, яка частина витрат води у водоймі змішується зі стічними водами в розрахунковому створі.

Величина Q визначається за даними гідрометеорологічної служби; величина q - технологічним розрахунком, а величина C_p - за літературними даними або на основі замірів.

Коефіцієнт змішування a залежить від багатьох факторів: конструкції випуску, відстані до розрахункового створу, гідравлічних і гідрологічних параметрів водойми.

Значення величини концентрації забруднення (шкідливої речовини) в стічних водах, тобто $C_{ст,}$, яка повинна бути досягнута в результаті їх очищення і знешкодження, можна визначити з виразу:

$$C_{ст} \le \frac{aQ}{q}(C_{гд} - C_p) + C_{гд}. \qquad (1.23)$$

Розрахункові створи найближчих пунктів водокористування встановлюються органами Державного нагляду з урахуванням перспектив використання водойми.

Допустимий вміст завислих речовин m в стічних водах, що спускаються, відповідно до санітарних правил може бути визначений з рівняння

$$aQb + qm = (aQ + q)(b + p) \qquad (1.24)$$

Звідки

$$m = p(aQ/q + 1) + b, \qquad (1.25)$$

де p - допустиме за санітарними правилами збільшення вмісту завислих речовин у водоймі після спуску стічних вод (в залежності від виду водокористування), г/м^3; b - вміст завислих речовин у воді водойми до спуску стічних вод, г/м^3.

Необхідний ступінь очищення за завислими речовинами,%,

$$D = \frac{C - m}{C}100, \qquad (1.26)$$

де С – концентрація завислих речовин у стічній воді до її очищення, г/м^3.

В основу розрахунку визначення необхідного ступеня очищення за $БПК_{повн.}$ покладено зміну ступеня забрудненості за рахунок розбавлення стічних вод водою водойми, а також за рахунок біохімічних процесів самоочищення стічних вод від органічних речовин.

Баланс біохімічної потреби в кисні суміші річкової і стічної води в розрахунковому створі (без урахування реаерації) виражається рівнянням

$$qL_{ст}10^{-k_{ст}t} + aQL_p10^{-k_pt} = (q + aQ)L_{гд}, \qquad (1.27)$$

де $L_{ст}$ - $БПК_{повн}$ стічної рідини, яка повинна бути досягнута в процесі

Національний університет водного господарства та природокористування

очищення; L_p - БПК$_{повн}$ річкової води до місця випуску стічних вод; $L_{п.д}$ - гранично допустима БПК$_{повн}$ суміші річкової і стічної води в розрахунковому створі; $k_{ст}$ і k_p - константи швидкості споживання кисню стічною і річковою водою; t - тривалість переміщення води від місця випуску стічних вод до розрахункового пункту, діб, що дорівнює відношенню відстані по фарватеру (відстань від місця випуску стічних вод до розрахункового пункту) $l_{ср}$ до середньої швидкості течії води в річці на даній ділянці $v_{ср}$

Звідси

$$L_{ст} = \frac{aQ}{q10^{-k_{ст}t}}(L_{гд} - L_p 10^{-k_p t}) + \frac{L_{гд}}{10^{-k_{ст}t}}. \quad (1.28)$$

Якщо фактична *БПК$_{повн}$* стічної скидної води $L_a > L_{ст}$, то до випуску у водойму вода повинна бути очищена. Необхідний ступінь очищення, % визначається виразом

$$E = \frac{L_a - L_{ст}}{L_a}100. \quad (1.29)$$

Константа k_p залежить від температури води і може бути визначена за виразом $k_p = 0{,}04 + 0{,}001T^{1{,}4}$.

Константу швидкості споживання кисню $k_{ст}$ слід або визначати на основі літературних даних та аналогічних показників для споріднених підприємств, або проводити спеціальні дослідження. За отриманими даними будується крива споживання кисню, на підставі якої і розраховується $k_{ст}$.

У відповідності зі схемою зміни кисневого балансу водойми після спуску стічних вод спостерігається зменшення концентрації розчиненого кисню до певного мінімуму (так звана критична точка), після якого вміст розчиненого кисню починає зростати. Якщо умовно прийняти, що в критичній точці вміст розчиненого кисню $Q_{гд}$ буде не менше 4 або 6 мг/л (відповідно для водойм питного та культурно-побутового або рибогосподарського виду водокористування), то у всіх інших пунктах за течією річки воно, очевидно, буде, вище цих значень. Цим самим вимога санітарних правил задовольняється.

Найбільш простий з існуючих способів розрахунку кисневого балансу заснований на обліку поглинання стічними водами тільки того розчиненого кисню, який міститься у річковій воді вище місця спуску стічних вод. При цьому вважають, що якщо концентрація розчиненого у воді кисню не стане нижче $Q_{гд}$ впродовж перших 2 діб, то вона не знизиться і надалі.

Ця умова може бути записана як:

$$aQO_p - (aQL_p + qL_{ст})k = (aQ + q)O_{гд}, \quad (1.30)$$

де O_p - концентрація розчиненого кисню в річковій воді вище місця спуску стічних вод, г/м^3; k - коефіцієнт для перерахунку БПК$_{повн}$, визначений

лабораторним шляхом, в $БПК_{2;}$ $O_{гд}$ – мінімальна концентрація розчиненого кисню, яка повинна зберігатися у воді водойми нижче місця спуску стічних вод, г/м^3.

Величина k, яка визначається розрахунковим шляхом, змінюється в залежності від вмісту в виробничих стічних водах легко- і важкоокислюваних органічних сполук.

Наведене вище рівняння складено з умови, що весь наявний запас розчиненого у водоймі кисню QO_p повинен бути в такій мірі витрачений на окислення органічних домішок річкової та стічної води $(QL_p + qL_{ст})\,k$, щоб у загальній суміші річкової та стічної води $(Q + q)$ концентрація розчиненого кисню дорівнювала або була більшою $O_{гр}$. Допустима концентрація $L_{ст}$ стічних вод за цієї умови:

$$L_{ст} = \frac{aQ}{kq}(O_p - kL_p - O_{гд}) - \frac{O_{гд}}{k}. \qquad (1.31)$$

Якщо отримана величина $L_{ст}$ менше розрахункової концентрації стічних вод, що будуть відводитися в водойму, то такі стоки повинні бути очищені до концентрації за $БПК_{повн,}$ рівній концентрації $L_{ст.}$

За іншим способом розрахунку балансу річки, що дозволяє враховувати процеси поглинання кисню стічними водами з річкової води і поверхневу реаерацію окрім зазначених вище величин враховують: середню швидкість руху води у водоймі $v_{ср,}$ м/с; температуру води в річці в розрахунковий період T, °С; константи (постійні величини у відповідних рівняннях) швидкості біохімічного поглинання кисню k_1 і швидкості поверхневої реаерації $k_{2.}$

Розрахунок необхідного ступеня очищення за температурою води у водоймі проводиться у відповідності до санітарних вимог, що обмежують підвищення річної температури води за рахунок термальних забруднень, які надходять у водойму зі стічними водами. Ця умова описується рівнянням

$$T_{ст} = \left(\frac{aQ}{q} + 1\right)T_д + T_p, \qquad (1.32)$$

де $T_{ст}$ – максимальна температура стічних вод, за якої дотримуються санітарні вимоги щодо температури води в розрахунковому створі; T_p – максимальна температура води водойми до місця випуску стічних вод у літню пору; $T_д$ – допустиме підвищення (не більше ніж на 3°С) температури води водойми.

Визначення необхідного ступеня очищення за загальним санітарним показником шкідливості, а також за санітарно-токсикологічним і органолептичним (забарвлення, запах і присмак) показниками шкідливості, для яких встановлені гранично допустимі концентрації, здійснюється за формулою (1.23).

Зазвичай, у процесі очищення виробничих стічних вод різні речовини

Національний університет водного господарства та природокористування

однієї групи лімітуючого показника шкідливості очищаються неоднаково. Тому необхідний ступінь очищення слід знаходити для компонента, що вилучається з стічних вод найскладніше. Концентрація ж цієї речовини в розрахунковому створі $C_в$ повинна бути:

$$C_в \le C_{вгд}\left(1-\sum_{1}^{i-1}\frac{C_i}{C_{iгд}}\right). \qquad (1.33)$$

Якщо умова необхідного ступеня очищення буде витримана для цієї речовини, то ефект очищення від інших забруднюючих компонентів, за наведених вище умов, також буде забезпечений.

Забарвлення і запах виробничих стічних вод аналізуються із зазначенням ступеня розведення, при якому вони зникають. Порівняння цієї величини розведення з розведенням стічних вод у розрахунковому створі дозволяє вирішити питання про необхідність очищення стічних вод за забарвленням і запахом перед спуском їх у водойму.

При спуску кислих і лужних стічних вод необхідно враховувати нейтралізуючу здатність водойми, що в ряді випадків дозволяє обійтися без спеціальних споруд з нейтралізації стічних вод.

Вода водойм містить бікарбонати кальцію $Ca(HCO_3)_2$ і магнію $Mg(HCO_3)_2$, що зумовлюють її карбонатну жорсткість, а також вугільну кислоту у вигляді розчиненого діоксиду вуглецю CO_2. Кислоти, що надходять у водойму разом з виробничими стічними водами, взаємодіють з бікарбонатами, витісняючи з них вугільну кислоту, у зв'язку з чим кількість бікарбонатів у воді (тобто її лужність) зменшується, а кількість розчиненого діоксиду вуглецю збільшується.

Реакція нейтралізації (наприклад, сірчаною кислотою) у водоймі за рахунок бікарбонатів кальцію протікає за формулою

$$Ca(HCO_3)_2 + H_2SO_4 = CaSO_4 + 2H_2O + 2CO_2.$$

Надходження у водойму разом зі стічними водами лугу призводить до взаємодії його з діоксидом вуглецю, що збільшує лужність води водойми. Реакція в цьому випадку може протікати за формулою

$$2NaOH + CO_2 = Na_2CO_3 + H_2O.$$

Згідно з санітарними правилами у водоймах всіх видів водокористування в розрахункових створах зміна величини pH не повинна виходити за межі 6,5-8,5.

Для полегшення розрахунків можна скористатися номограмою (рис. 1.13), що дозволяє з достатньою для практичних розрахунків точністю встановити максимальну кількість кислоти $C_к$ або лугу $C_л$ (в мл нормального розчину), які можуть бути нейтралізовані 1 л води водойми за умови, що в розрахунковому створі pH води залишиться в межах санітарних вимог.

На номограмі суцільні криві лінії відносяться до $C_к$, а пунктирні

до $C_{л.}$ Кожна з цих ліній відповідає певному значенню лужності води водоймища В. Визначення $C_к$ і $C_л$ здійснюють проведенням перпендикуляра з точки, що відповідає *pH* води водойми, до перетину з відповідною кривою лужності води водойми. Подальше проведення з цієї точки горизонтальної прямої до перетину з вертикальною віссю координат.

З умов змішування стічних вод з водою водойми отримаємо залежність для визначення допустимого вмісту кислоти $C_{ст.к}$ або лугу $C_{ст.л}$ у стічних водах, що спускаються у водойму:

$$C_{ст.к} = \frac{aQ}{q} C_к , \tag{1.34}$$

$$C_{ст.л} = \frac{aQ}{q} C_л . \tag{1.35}$$

Якщо розрахункові концентрації лугу або кислоти будуть менше фактичних концентрацій у виробничих стічних водах, то перед скиданням у водойму стічні води необхідно нейтралізувати.

Наведені вище формули розрахунку необхідного ступеня очищення виробничих або суміші виробничих і побутових стічних вод відносяться до проточних водойм, тобто основних приймачів стічних вод.

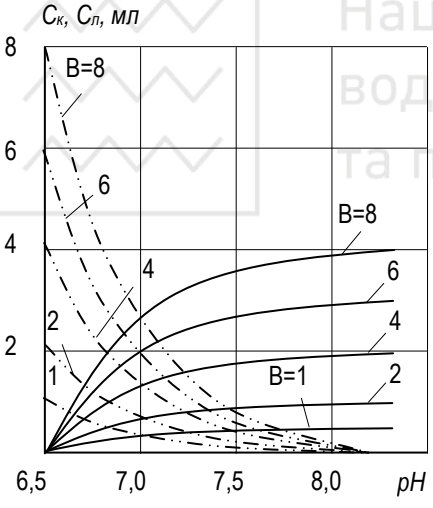


Рис. 1.13. Номограма для розрахунку допустимої кількості кислих і лужних вод, що спускаються у водойму [6]

Але в ряді випадків виникає необхідність спуску стічних вод у непроточні водойми (озера, водосховища, моря). Відповідно до розроблених М.Л.Руффелем і Н.Н.Лапшевим методів розрахунку змішування стічних вод з водами непроточних водойм визначається або загальне розведення (для озер, водосховищ та морів), або найменше розведення (для озер і водосховищ) *n.*

Слід зазначити, що в проточних водоймах кратність розведення в розрахунковому створі n_p визначається за формулою

$$n_p = (aQ + q)/q \tag{1.36}$$

При розрахунку необхідного ступеня очищення стічних вод, що спускаються в непроточні водойми, в розрахункові формули (1.23), (1.25), (1.28), (1.31), (1.32), (1.34) і (1.35) замість виразу *aQ/q* [див. формулу (1.34)] вводиться вираз $n - 1$, і вони набувають наступного вигляду:

1) гранично допустима концентрація забруднення (шкідливої речовини) в стічних водах

$$C_{ст} \le C_в + n(C_{гд} - C_в), \tag{1.37}$$

де $C_в$ – концентрація забруднення (шкідливої речовини) у воді непроточної водойми;

2) концентрація завислі речовин в стічних водах

$$m = b + np; \tag{1.38}$$

допустима величина *БПК$_{повн}$* в стічних водах

$$L_{ст} = \frac{n-1}{10^{k_{ст}t}}(L_{гд} - L_в 10^{-k_в t}) + \frac{L_{гд}}{10^{-k_{ст}t}} \tag{1.39}$$

де $L_в$ – БПК$_{повн}$ води в непроточній водоймі до скидання стічних вод; $k_в$ – константа швидкості споживання кисню у воді непроточної водойми;

3) допустима величина *БПК$_{повн}$* в стічних водах за розчиненим у воді киснем

$$L_{ст} = \frac{n-1}{k}(O_р - kL_р - O_{гд}) - \frac{O_{гд}}{k}, \tag{1.40}$$

де $O_р$ – концентрація розчиненого кисню у воді непроточної водойми до спуску стічних вод; $O_{гд}$ - гранично допустима концентрація розчиненого кисню, яка повинна бути в розрахунковому створі після спуску стічних вод;

4) допустима максимальна температура стічних вод

$$T_{ст} = nT_д + T_в \tag{1.41}$$

де $T_в$ – розрахункова температура у воді непроточної водойми до спуску стічних вод;

5) допустимий вміст кислоти або лугу в стічних водах:

$$C_{ст.к} = (n-1)C_к, \tag{1.42}$$

$$C_{ст.л} = (n-1)C_л. \tag{1.43}$$

1.9. Здатність водойм до самоочищення

На певній відстані після скиду стічних вод в річку вміст забруднень в її воді суттєво зменшується. Це пояснюється діяльністю мікроорганізмів, що знаходяться у водоймі, для яких органічні забруднення є поживним середовищем. Крім того, більші організми поїдають дрібніші. Утворюється так звана харчовий ланцюжок, в кінці якого знаходяться риби. У результаті відбувається самоочищення водойм [16].

Проте здатність водойми до самоочищення не безмежна. У багатьох місцях наших густонаселених промислових районів у водойми скидається набагато більша кількість стічних вод, ніж та, яка може бути перероблена мікроорганізмами. Про це свідчить стан багатьох наших водойм. Звідси випливає необхідність виведення існуючих споруд очищення стічних вод в нормальний режим експлуатації, а в місцях їх відсутності – будівництво нових.

У розкладанні і переробці органічних домішок беруть участь два види організмів, а саме анаеробні і аеробні, причому і тим і іншим організмам для підтримки життєдіяльності разом з поживним субстратом, необхідний кисень. *Анаеробними називаються такі організми*, які поглинають необхідний для їх існування кисень не з повітря або води, а в процесі обміну речовин, в результаті перетворення хімічних сполук. У ході цих перетворень відбуваються складні процеси, серед яких переважають процеси відновлення, що протікають при чисельній перевазі анаеробних організмів. Поряд з іншими неорганічними речовинами кінцевими продуктами є такі гази, як метан, вуглекислий газ, аміак і сірководень. Тому гниття стічної води та її осаду, що супроводжується виділенням неприємного запаху, вказує на те, що в ній переважають вказані процеси анаеробного розкладання. Продукти розпаду в кінцевому рахунку з допомогою рослин в тій чи іншій формі знову повертаються в природний обіг (рис. 1.14). Ні для водойм, ні для очищення стічних вод подібні процеси анаеробного розкладання небажані, оскільки протікають вони порівняно повільно і супроводжуються виділенням неприємного запаху. Однак обробка осаду стічних вод здійснюється головним чином за допомогою процесів анаеробного розкладання.

Аеробні організми для своєї життєдіяльності поглинають розчинений у воді кисень. Серед процесів перетворення переважають процеси окислення. В цьому випадку утворюються мінералізовані продукти і гази, що повертаються в природний обіг речовин (рис. 1.15). Однак протікають ці процеси порівняно швидко і не супроводжуються виділенням неприємного запаху. Такі процеси, як правило, переважають у водоймах, а також у спорудах біологічної очищення стічних вод.

Проте процеси аеробного розкладання можуть відбуватися лише при постійній наявності у воді достатньої кількості розчиненого вільного кисню. Споживання кисню організмами повинно компенсуватися достатнім надходженням його у водойму. Мова йде про кисневий баланс води водойми. Показником достатнього надходження повітря, а, отже, і кисню у воду є існування у водоймі риб. Вміст кисню у воді має становити не менше 3-4 мг/л.

Кисень потрапляє у водойму головним чином через водну поверхню. Молекули води, які знаходяться у верхніх шарах, швидко насичуються киснем повітря, і справа тепер за тим, щоб передати цей розчинений кисень у більш глибокі шари. З цієї причини насичення киснем гірського струмка, що має безліч перепадів, в якому відбувається безперервне перемішування води, здійснюється набагато швидше в порівнянні з водою водойми за малої швидкості руху води в ній. Незважаючи на це, гірський струмок може мати незначну самоочисну здатність, так як його вода настільки чиста, що в ній

майже не міститься ніяких організмів, що, в свою чергу, обумовлено відсутністю харчування для цих організмів.

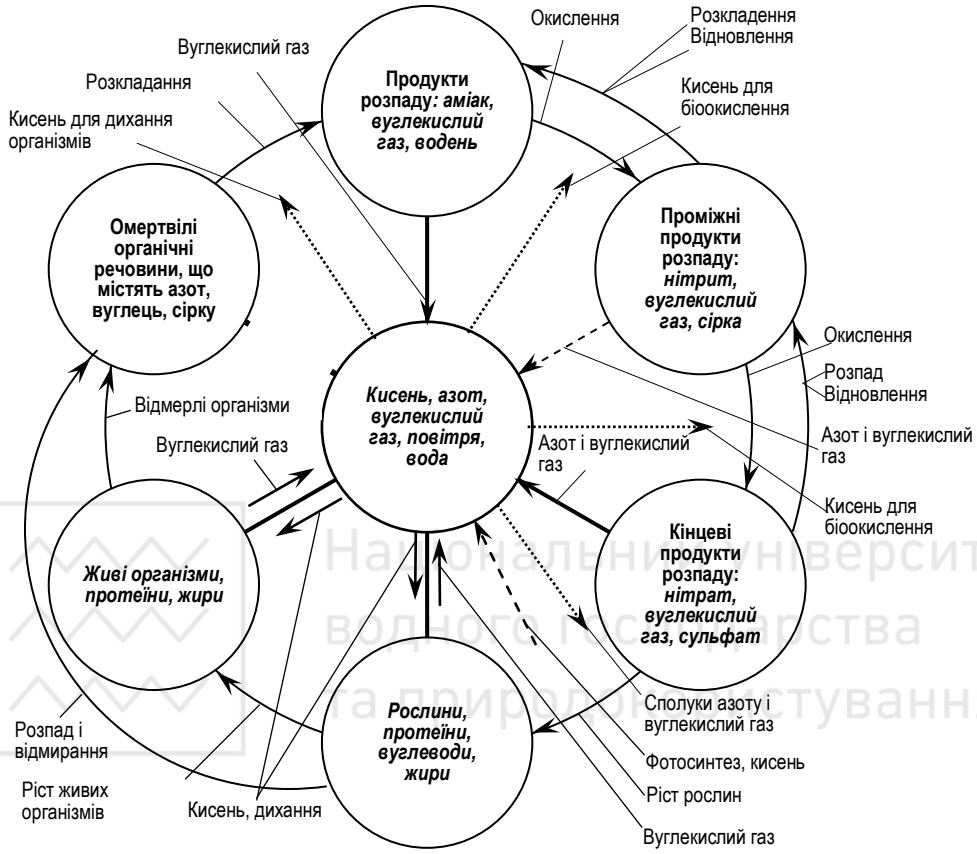


Рис. 1.14. Колообіг азоту, вуглецю і сірки при анаеробному розкладанні [15]

Крім того, поглинання кисню залежить від температури і нестачі його у воді. Потреба в кисні залежить головним чином від кількості органічних домішок стічних вод, від часу, необхідного для їх окислення, і від температури води. Окислення за допомогою мікроорганізмів відбувається спочатку досить швидко, а потім процеси залишкового окислення приймають затяжний характер. Тривалість розпаду органічних речовин залежить від кількості і складу організмів, а також від кількості виробничих стічних вод, що перешкоджають цьому процесу. Процес розпаду проходить тим швидше, чим вище температура води. При перевантаженні водойми стічними водами через нестачу кисню мікроорганізми не можуть більше продовжувати своє існування, водойма перетворюється на омертвіле русло. Як правило, причиною цьому є скид у водойму неочищених виробничих стічних вод.

Для відведення стічних вод у водойму та вирішення питання про вибір місця для розміщення відповідних очисних споруд необхідно розглядати

водойму в цілому. Для цього бажано мати якісний аналіз поздовж водойми за її властивостями.

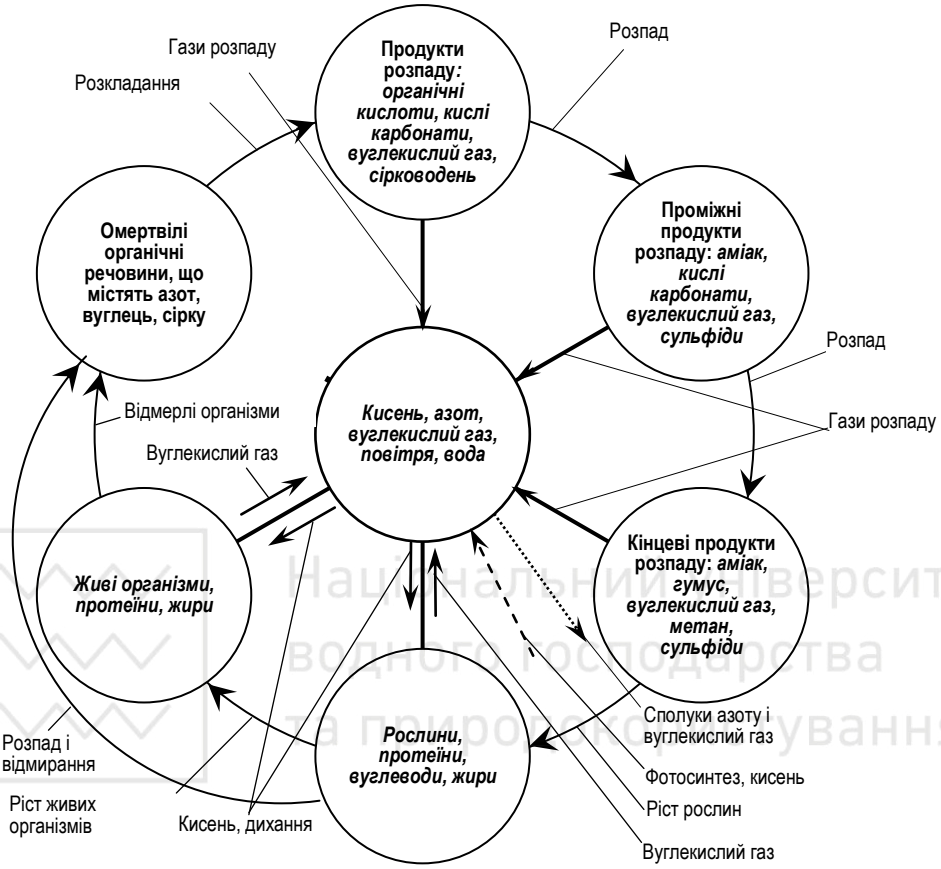


Рис. 1.15. Колообіг азоту, вуглецю і сірки при аеробному розкладанні [15]

Для повного аналізу слід мати відомості про домінуючі види організмів, що населяють водойму. У гідротехнічному та економічному відношенні більш доцільним є влаштування великих очисних станцій замість цілого ряду малих очисних споруд. Прийняті рішення щодо умов скидання стічних вод будуть оптимальними лише в тому випадку, якщо одночасно буде враховуватися можливість використання водного басейну для інших видів господарської діяльності, включно з водопостачанням населення [15].

Контрольні питання

1. Особливості схем водовідведення на промислових підприємствах.
2. Схеми водопостачання і водовідведення на промислових підприємствах.
3. Критерії оцінки раціонального використання води на промпідприємстві.
4. Суть балансової схеми водокористування на промисловому підприємстві.
5. Основні критерії добору схем і систем водовідведення на промисловому

Національний університет водного господарства та природокористування

підприємстві.

6. Відведення атмосферних опадів з території підприємства.
7. Принципова схема очисних споруд промислового підприємства.
8. Джерела формування стічних вод промислового підприємства.
9. Класифікація стічних вод промислового підприємства.
10. Фактори впливу на кількість стічних вод промислового підприємства.
11. Особливості фізико-хімічних показників стічних вод промислового підприємства.
12. Розрахункові витрати виробничих стічних вод, що надходять на очисні споруди.
13. Розрахункові добові, годинні і секундні витрати побутових стічних вод на промислових підприємствах.
14. Особливості надходження виробничих стічних вод на очисні споруди.
15. Особливості якості стічних вод промислового підприємства.
16. Вимоги до якості стічних вод, що скидаються в водовідвідну мережу міста.
17. Умови сумісного водовідведення стоків промислового підприємства.
18. Умови сумісного повного біологічного очищення виробничих і міських стічних вод.
19. Умови допустимих концентрацій забруднюючих речовин у стічних водах підприємств.
20. Допустимі концентрації конкретного забруднення за величиною загального ліміту на його скиду водойму
21. Допустима концентрація важких металів в осадах стічних вод, що утворюються на міських каналізаційних очисних спорудах.
22. Умови випуску виробничих стічних вод в водойми.
23. Припустимі зміни складу води у водоймах і водотоках господарсько-питного і культурно-побутового призначення після випуску в них стічних вод.
24. Особливість водовідвідних мереж промислових підприємств.
25. Споруди на мережі водовідведення.
26. Розрахункове наповнення трубопроводів, ухил та швидкість руху води в них.
27. Висотне та планове розташування водовідвідних мереж промислового підприємства.
28. Особливості визначення необхідного ступеня очищення стічних вод, що скидаються в проточні водойми.
29. Розрахунок допустимої кількості кислих і лужних вод, що спускаються у водойму
30. Здатність водойми до самоочищення - колообіг азоту, вуглецю і сірки при анаеробному і аеробному розкладанні.

Література

1. Водний кодекс України від 06.06.1995 № 213/95-ВР // Відомості Верховної Ради України. – 1995. – № 24. –189 с.
2. Інструкція про встановлення та стягнення плати за скид промислових та інших стічних вод у системи каналізації населених пунктів / Затверджена: наказом Держбуду України від 19 лютого 2002 р. № 37. Зареєстрована: Мін'юстом України 26 квітня 2002 р. за № 402/6690.
3. Строительные нормы и правила (СНИП) 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения. - М. : Стройиздат, 1986. – 72 с.
4. Бородавченко И. И., Лозановская И. Н., Орлов Д. С. и др. Комплексное использование и охрана водных ресурсов. - М. : Колос 1983. – 175 с.
5. Водовідведення на промислових підприємствах. Навчальний посібник /

Національний університет водного господарства та природокористування

А. І. Мацнєв, Л. А. Саблій. – Рівне : Українська державна академія водного господарства, 1998. – 219 с.
6. Водоотведение и очистка сточных вод: Учебник для вузов/С. В. Яковлев, Я. А. Карелин, Ю. М. Ласков, В. И. Калицун. – М. : Стройиздат, 1996. – 591 с.
7. Гіроль М. М., Охримюк Б. Ф., Собчук Г., Лагуд Г. Системи водовідведення. Рекомендовано МОН України, як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. – Рівне : НУВГП – 2011. – 444 с.
8. Гіроль М. М., Проценко С. Б., Гіроль А. М. та ін.. Національна доповідь щодо якості питної води та стану питного водопостачання в Україні у 2004 році. Затверджені Комісією з підготовки та оприлюднення Національної доповіді (сайт Держбуду України) 2005. – 182 с.
9. Канализация населенных мест и промышленных предприятий. Справочник проектировщика./Н. И. Лихачев, И. И. Ларин, С. А. Хаскин и др.; Под ред. В.Н.Самохина. 2-е изд., перераб. И доп. - М. : Стройиздат, 1981. – 638 с.
10. Кафаров В.В. Принципы создания безотходных химических производств. - М. : Химия, 1982. – 288 с.
11. Методика расчета объемов организованного и неорганизованного дождевого, талого и дренажного стока в системы коммунальной канализации. – СПб. : "Экология и право" 2000 г.
12. Найманов А. Я., Никиша С. Б., Насонкина Н. Г и др.. Водоснабжение –Донецк : Издательство–Норд-прес, 2004 г. – 649 с.
13. Рекомендации по расчету поступления биогенных элементов в водоемы для прогноза их эвтрофирования и выбора водоохранных мероприятий. - М. : Росагропромиздат, 1989. – 47 с.
14. Укрупненные нормы водопотребления и водоотведения для различных отраслей промышленности. /Совет Экон. Взаимопомощи ВНИИ ВОДГЕО- 2-е изд. перераб.- М. : Стройиздат, 1986. – 528 с.
15. Грулер И. Очистные сооружения малой канализации. Перевод с немец. И.Б.Палееса. Под ред. Шпицберга. М. : Стройиздат, 1980. – 200 с.
16. Яковлев С.В., Прозоров И.В., Иванов Е.Н. и др. Рациональное использование водных ресурсов. Учебн. для вузов по спец. "Водоснабжение, канализация, рац. использ. и охрана водных ресурсов". - М. : Высшая школа, 1991. – 400 с.
17. Родзиллер И. Д. Прогноз качества воды водоемов - приемников сточных вод. - М. : Стройиздат, 1984. – 263 с.
18. Когановский А. М., Клименко Н. А., Левченко Т. М., Марутовский Р. М., Рода И.Г. Очистка к использование сточных вод в промышленном водоснабжении. – М. : Химия, 1983. – 288 с.
19. Федоров Н. Ф., Курганов А. М., Алексеев М. И. Канализационные сети. Примеры расчета: Учебное пособие для вузов. – 3-е изд., переработанное и дополненное – М.: Стройиздат, 1985. – 223 с.
20. Kanalizacja. Sieci i pompownie. Tom 1. Wacław Blaszczyk, Henryk Stamatello, Paweł Blaszczyk. Wydanie 2, Arkady, Warszawa, 1983.
21. Madryas C., Przybyła B., Wysocki L. Badania i ocena stanu technicznego przewodów kanalizacyjnych. Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne. Wrocław 2010. – 297 st.
22. Гіроль А. М. Вплив систем водопровідно-каналізаційного господарства на якість поверхневих і підземних вод. Вісник Національного університету водного господарства та природокористування, Збірник наукових праць, випуск 1(61), 2013 Технічні науки, ст. 95 – 107

2. КЛАСИФІКАЦІЯ МЕТОДІВ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД. ПОПЕРЕДНЯ ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЧИХ СТОКІВ ТА МЕТОДИ МЕХАНІЧНОГО ЇХ ОЧИЩЕННЯ

2.1. Глибина очищення виробничих стічних вод

Для правильного визначення необхідного ступеня очищення стічних вод, що надходять у водойму, необхідно мати докладні відомості про їхню кількість та склад, а також дані детальних обстежень водойми, характеристику місцевих гідрологічних і санітарних умов. Необхідний ступінь очищення стічних вод визначається для кожного з нормативних показників забруднення.

Таблиця 2.1

Ступінь вилучення речовин з суміші побутових і виробничих стічних вод при надходженні їх на споруди повного біологічного очищення [1]

Речовина	Допустима концентрація речовин, мг/л	Ступінь видалення, %	Речовина	Допустима концентрація речовин, мг/л	Ступінь видалення, %
Формальдегід	25	80	Миш'як	0,1	50
Сульфіди	1	99,5	Ціаніди	1,5	–
Мідь	0,5	80	Ртуть	0,005	–
Цинк	1	70	Свинець	0,1	50
Кадмій	0,1	60	Кобальт	1	50
Хром (тривалентний)	2,5	80	Сірчисті барвники	25	90
Нафта і нафтопродукти	25	85…90	Синтетичні барвники	25	50
Нікель	0,5	50			

Розрахунки з визначення необхідного ступеня очищення стічних вод, які надходять у водойму, виконують для завислих речовин, припустимої *БПК* у суміші річкової води і стічних вод, споживання стічними водами розчиненого кисню, температури води, кольоровості, запахові і сольовому складу, *ГДК* токсичних домішок і інших шкідливих речовин, зміни активної реакції води водойми.

Взаємозв'язок між нормативними вимогами умов спуску стічних вод в водойми і необхідним ступенем очищення стічних вод перед спуском їх у водойму в загальному виді виражається формулою

$$C_{ст} \cdot q + C_p \cdot a \cdot Q \le (a \cdot Q + q) \cdot C_{г.д}, \qquad (2.1)$$

де $C_{ст}$ – концентрація забруднення (шкідливої речовини) стічних вод, при якій не будуть перевищені припустимі межі (розрахунковий показник складу і властивостей води відповідно до санітарних вимог); C_p – концентрація цього ж виду забруднення (шкідливої речовини) у воді водойми вище місця випуску розглянутого стоку; $C_{г.д}$ – гранично припустимий вміст забруднення (шкідливої речовини) у воді водойми; а – коефіцієнт змішування, що показує,

яка частина витрати води у водоймі змішується зі стічними водами в розрахунковому створі; Q – витрату води у водоймі; q – витрата стічних вод, що надходять у водойму.

Значення Q визначається за даними гідрометеорологічної служби, q – технологічними розрахунками, а C_p – за літературними даними або на основі натурних вимірів.

Коефіцієнт змішування a залежить від багатьох факторів: конструкції випуску, відстані до розрахункового створу, гідравлічних і гідрологічних параметрів водойми.

2.2. Попередня підготовка стоків

2.2.1. Вилучення зі стічних вод великих домішок

Вилучення з стічних вод великих домішок досягається шляхом пропускання їх через ґрати (рис.2.1). На станціях великої продуктивності такі ґрати можуть бути обладнані граблями для зняття домішок. З метою зниження інтенсивного поширення запахів приймальні відділення очисних станцій герметично огороджують. Накопичені в огородженому просторі гази відсмоктують з наступним їх пропусканням через біофільтри, завантаження яких може бути виконаним з кори дерев [8].



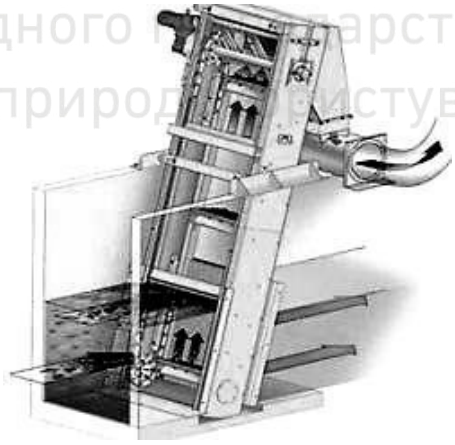


Рис. 2.1. Механічні ґрати

Необхідну площу ґрат розраховують за швидкістю руху води в їхніх щілинах (0,8 – 1 м/с) при розрахунковому наповнені підвідного каналу [6].

Втрати напору в ґратах, м, визначаються за формулою:

$$h = k \cdot J \cdot v^2 /(2 \cdot g), \qquad (2.2)$$

де k – коефіцієнт збільшення втрат напору через засмічення ґрат (рекомендується приймати k=3); J – коефіцієнт опору, що залежить від форми стрижнів: $J = \beta \cdot (s/b)^{4/3}$ (β – коефіцієнт для прямокутних стрижнів,

рівний 2,42; s – товщина стрижнів, мм; b – ширина щілин між стрижнями, мм[1] *; v – швидкість руху води перед ґратами, м/с.*

Резервні ґрати встановлюють у залежності від розрахункового кількості робочих агрегатів (*N*): при *N* =3 (включно) – 1 резервні ґрати; при *N* >3 – 2 резервні.

Крупні домішки з ґрат на спорудах пропускною здатністю до 200 тис. м^3/доб скидають в контейнери з герметично закритими кришками. Після зневоднювання, пресування, пакетування такі домішки можуть вивозити в місця обробки міського сміття. В разі потреби крупні домішки подрібнюють на дробарках.

2.2.2. Вилучення зі стічних вод піску

Вилучення зі стоків мінеральних часток розмірами понад 0,2 – 0,25 мм досягається в пісковловлювачах. Найбільшого поширення набули пісковловлювачі з горизонтальним прямолінійним рухом води, горизонтальні з круговим рухом води, тангенціальні круглої форми з підведенням води по дотичній, пісковловлювачі з аеруванням води [3].

Для відмивання від органічних домішок і зневоднювання піску влаштовуються бункери, пристосовані для наступного завантаження піску в автомашини. З метою підвищення ефективності відмивання піску піскові бункери застосовують іноді в поєднані з напірними гідроциклонами діаметром 300 мм і напором пульпи перед гідроциклоном 20 м (рис.2.2).

Бункери виконують круглими в плані діаметром 1,5 – 2 м. Під бункерами влаштовують трапи для відводу води, що підтікає з затворного пристрою. Дренажна вода з піскових бункерів повертається у канал перед пісковловлювачами.

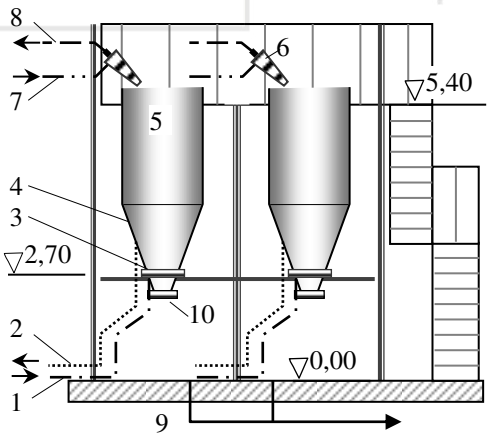


Рис. 2.2. Бункери для піску:
1 – трубопровід для відводу води із системи опалення; 2 – трубопровід для підведення води в систему опалення; 3 – затвор з електроприводом; 4 – теплоізоляція; 5 – бункери; 6 – гідроциклон: 7 – трубопровід для підведення пульпи до гідроциклонів; 8 – трубопровід для відводу води від гідроциклонів; 9 – патрубок для спуску води в каналізацію; 10 – отвір для вивантаження.

На очисних спорудах кількість пісковловлювачів або відділень пісковловлювачів приймають не менше двох, причому всі пісковловлювачі або відділення повинні бути робочими. При механізованому згрібанні піску крім робочих пісковловлювачів передбачають і резервні.

[1] Грати з прозорами понад 16 мм застосовуються тільки на насосних станціях

2.2.3. Усереднення стоку за його якістю та кількістю

Для забезпечення нормальної роботи очисних споруд часто виникає потреба в *усереднені* стічних вод *за концентрацією* забруднюючих речовин або *за витратами* води, а іноді і за обома показниками одночасно. У залежності від цих вимог призначається тип усереднювала [4].

Об'єм усереднювачів визначається відповідно до графіків притоку стічних вод і коливань концентрацій забруднень у них (рис.2.3, 2.4).

Об'єм усереднювача, м^3, для погашення залпового скиду розраховується за формулою

$$W_з = \frac{Q \cdot T_з}{\ln \frac{k_n}{k_n - 1}}, \qquad (2.3)$$

де Q – приток стічних вод, м^3/год, $T_з$ – тривалість залпового скидання, год; k_n – коефіцієнт вирівнювання:

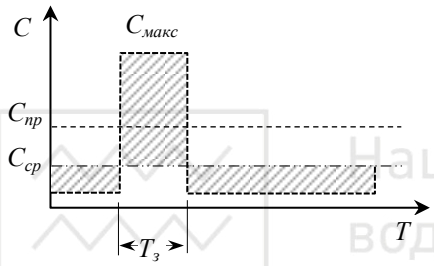


Рис. 2.3. Зміна концентрацій забруднень при залповому скиданні стічних вод
$C_{ср}$ – середня концентрація забруднень у вихідній воді; C_{max} – максимальна концентрація; $C_{пр}$ – припустима концентрація забруднень в усередненому стоку; $T_з$ – тривалість залпового скиду.

$$k_n = \frac{C_{\max} - C_{ср}}{C_{пр} - C_{ср}}, \qquad (2.4)$$

де C_{max} – максимальні концентрації забрудненні у воді, що надходить, г/л: $C_{ср}$ – середні концентрації забруднень у воді, що надходить, г/м^3; $C_{пр}$ – припустима концентрація забруднень в усередненій воді. г/м^3.

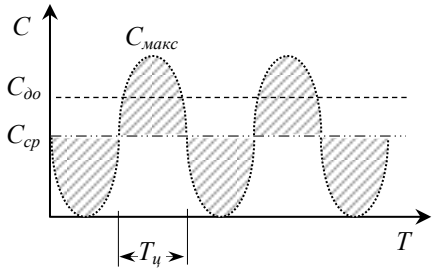


Рис. 2.4. Зміна складу стічних вод припливу при циклічних коливаннях
$T_ц$ – період циклічних коливань (інші позначення ті ж. що і на рис. 2.3)

При k_n>5 об'єм усереднювача, м^3, визначають за формулою:

$$W_з = k_n \cdot Q \cdot T_з \qquad (2.5)$$

а, його об'єм, м^3, для погашення циклічних коливань концентрацій забруднень – за формулою:

$$W_ц = 0{,}16 \cdot k_n \cdot Q \cdot T_ц, \qquad (2.6)$$

де $T_ц$ – період циклічних коливань, год.

Відповідно до розрахункового об'єму усереднювача визначається кількість секцій. При цьому повинно витримуватися співвідношення:

$$v = \frac{1000 \cdot q}{3600 \cdot F} \le 2{,}5, \text{ мм/с} \qquad (2.7)$$

де q – пропускна здатність секції, м³/год, рівна Q/n (тут n – прийнята кількість секцій усереднювача); F – площа живого перетину секції, м², v – швидкість руху води в секції, м/год.

Для перемінного притоку стічних вод і концентрації забруднень необхідний об'єм визначається шляхом підбору. Відповідно до графіка притоку стічних вод і коливань концентрацій забруднень установлюється період, у межах якого спостерігається перевищення припустимої концентрації. За сумарним притоком води за цей період попередньо підбирається об'єм усереднювача і кількість типових секцій, а також перевіряється швидкість подовжнього руху води в секціях.

Правильність прийнятого об'єму оцінюється перевірочним розрахунком концентрації забруднень на виході з усереднювача, значення якої у будь-який розрахунковий відрізок часу не повинно перевищувати припустиму величину.

В усереднювачі з диференціюванням потоку стічна вода через вікна, розташовані в розподільних лотках, надходить у коридори усереднювача, збирається діагональним збірним лотком. Ефект усереднення за концентрацією досягається в цьому випадку за рахунок різного часу добігання окремих порцій стічної води до збірного лотка. Ці усереднювачі застосовують при незначній кількості завислих речовин у стічних водах.

В інших випадках застосовують усереднювачі, де перемішування води здійснюється стисненим повітрям.

Усереднювачі такого типу складається з двох секцій. В середині усереднювача розташовані відповідно верхній розподільний і нижній збірний канали. Стічна вода з верхнього каналу надходить у розподільні лотки, розташовані уздовж його стін, і далі через зубцюваті водозливи потрапляє в секцію усереднювала [2] (рис. 2.5).

Необхідний об'єм усереднювача витрати стічної води визначається виходячи з графіка притоку стічних вод протягом визначеного періоду (доби або годин) і необхідного ступеня усереднення за витратами.

Якщо усереднювач передбачається для вирівнювання концентрації стічних вод і регулювання їхньої витрати, робочий об'єм усереднювача, м³, складає:

$$W_{заг} = W_{мін} + W_{рег}, \qquad (2.8)$$

де $W_{мін}$ – мінімальний об'єм, м³, що забезпечує усереднення стічних вод за концентрацією в період мінімального водовідведення (визначається відповідно до раніше наведеної методики); $W_{рег}$ – необхідний об'єм для регулювання витрати, м³.

Надійного усереднення стічних вод за витратами можна досягти при перекачуванні їх насосами. У цьому випадку усереднювач має вигляд

звичайного резервуару. Щоб не допустити осадження завислих речовин, стоки в резервуарі перемішуються шляхом їх рециркуляції.

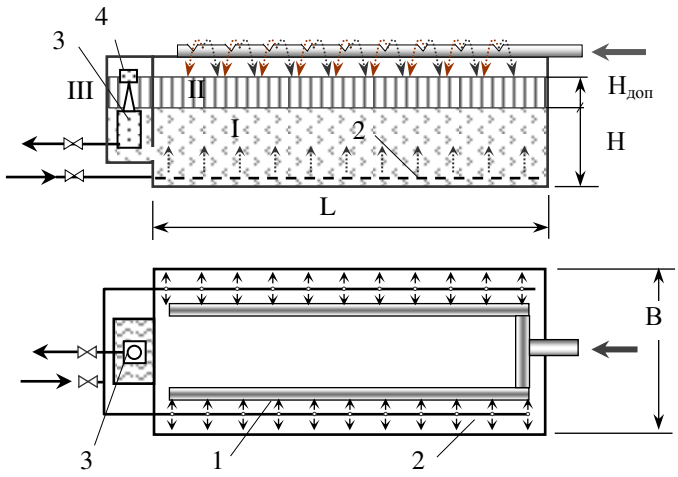


Рис. 2.5. Схема усереднювача з повітряним барботажем
I – об'єм для усереднення за концентрацією; II – об'єм для усереднення за витратами; III – випускна камера; 1 – подавальний розподільчий лоток; 2 – барботер; 3 – випускний пристрій; 4 – поплавок

Для усереднення стічних вод за якістю і їхньою кількістю на практиці використовують і інші конструкції усереднювачів.

2.3. Методи очищення виробничих стічних вод

Велика кількість різноманітних забруднень у виробничих стічних водах обумовлює застосування численних способів, методів, процесів і технологічних схем для їх очищення.

У ряді випадків після повного біологічного очищення для зниження кольоровості і руйнування важкоокиснюваних компонентів застосовуються методи доочищення: коагулювання, фільтрування, іонний обмін, озонування та ін.

Для видалення неорганічних та важкоокиснюваних біологічним шляхом органічних речовин, застосовуються методи механічного, хімічного і фізико-хімічного очищення.

Існуючі методи очищення можна поділити на п'ять груп [1,4].

Механічні – усереднення, аерування, відстоювання, осадження в гідроциклонах, проціджування, фільтрування.

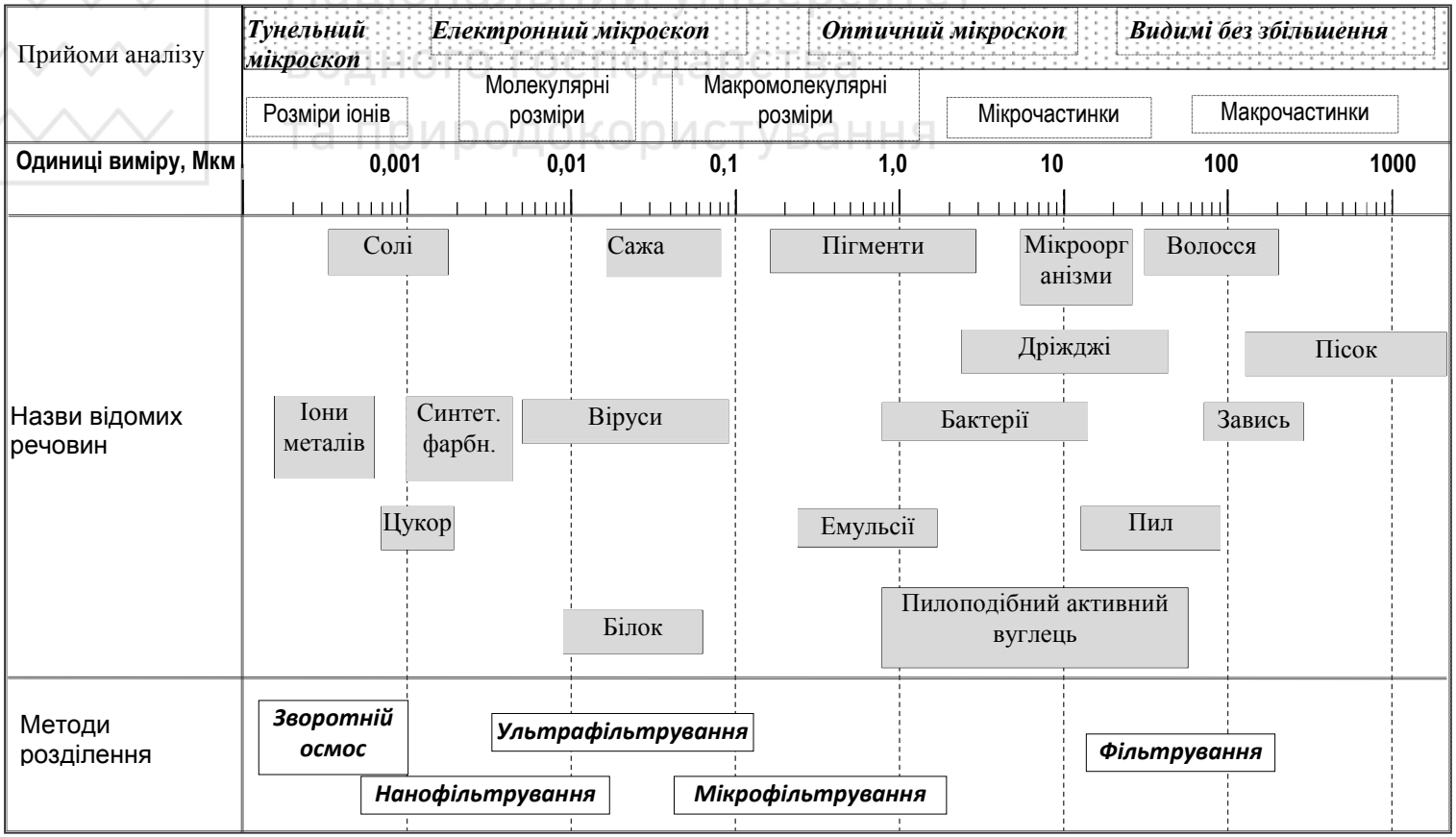
Хімічні (реагентні) – нейтралізація і фільтрування через активні завантаження, коагулювання, хімічне осадження, окислювання та відновлення.

Фізико-хімічні – екстракція, евапорація, адсорбція, іонний обмін, електрокоагулювання та електроліз, флотація, кристалізація.

Біологічні – аеробне окиснювання в біофільтрах і аеротенках, анаеробне зброджування в метантенках.

Таблиця 2.2

Методи розділення суспензій



Термічні – випарювання та випаровування, спалювання стічних вод, сушка осадів.

Застосування тих або інших методів здійснюється за результатами експериментальних досліджень натурального або (при його відсутності) штучно складеного стоку на підставі технологічного регламенту виробництва.

Приведена табл. 2.2 дозволяє полегшити вибір методу знешкодження виробничих стічних вод у залежності від їхнього складу і концентрації забруднюючих речовин.

Наведена класифікація значною мірою умовна, адже процес очищення за допомогою більшості з указаних методів відбувається внаслідок сукупної дії кількох явищ механічного, хімічного, фізико-хімічного або термічного характеру.

Розглянуті методи, в свою чергу, поділяють на ***регенеративні та деструктивні.***

До регенеративних належить більшість фізико-хімічних методів, таких як: екстракція, евапорація, адсорбція, іонний обмін, електроліз, кристалізація. Решта методів по суті є деструктивними, проте за їх допомогою в окремих конкретних випадках можна здійснювати і регенеративне очищення, тобто вилучати з стічних вод корисні речовини. Ряд методів набув широкого використання для очищення виробничих стічних вод. Передусім, це відстоювання, проціджування, усереднення, нейтралізація, хімічне осадження, біологічне очищення.

Давно відомі також регенеративні методи очищення, проте вони менше розповсюджені на практиці через велику вартість і специфічність забруднень, які вилучаються з їх допомогою.

Останнім часом значно підвищився інтерес до таких інтенсивних методів очищення, як коагулювання, осадження в гідроциклонах, фільтрування, електрокоагулювання, флотація, термічна обробка, не зважаючи на те, що деякі з них потребують великих коштів. Це обумовлене зростаючими вимогами до охорони навколишнього середовища.

Підбираючи метод очищення від основних забруднюючих компонентів, потрібно враховувати наявність у стічній рідині речовин, які сприяють і перешкоджають використанню даного методу або взагалі виключають його застосування.

2.4. Відстоювання

2.4.1. Загальні відомості

Відстоювання стічних вод широко застосовується для виділення з них нерозчинених завислих (осідаючих або спливаючих) речовин. Відстійники застосовують як основні споруди механічного очищення стічних вод.

У більшості випадків у відстійниках ефект відстоювання складає 40 – 60%, а в прояснювачах – до 70% при тривалості відстоювання 1 – 1,5 години. Підвищення ефективності роботи відстійників, особливо первинних, досягають шляхом: введення в стічну воду коагулянту (сприяє збільшенню

швидкості осадження завислих часток); додавання активного мулу (мул виконує роль сорбенту і біокоагулянту); попередньої аерації стічної води (сприяє флокуляції дрібних домішок).

Відстійники поділяють на три основні конструктивні типи в залежності від напрямку руху води – вертикальні, горизонтальні, радіальні. До відстійників відносять і прояснювачі, де одночасно з відстоюванням стічна вода фільтрується через шар зваженого осаду, а також комбіновані споруди – прояснювачі-перегнивачі і двоярусні відстійники, у яких поряд з прояснюванням води здійснюється зброджування й ущільнення осаду [2].

Ефективність роботи відстійників будь-якого призначення значною мірою залежить від конструкції водорозподільних і водозбірних пристроїв. Вхідний пристрій повинен забезпечувати швидке згасання швидкості потоку і рівномірний розподіл потоку в поперечному перерізі відстійника; вихідний пристрій – таку швидкість виходу проясненої води, при якій у відстійнику не буде відбуватися каламучення осаду.

Розрахунок відстійників, окрім вторинного, проводять за кінетикою випадання завислих речовин об'ємною масою більшою 1 г/см^3 або за кінетикою спливання завислих речовин об'ємною масою меншою 1 г/м^3.

Розрахункова тривалість відстоювання стічних вод у відстійнику, яка відповідає заданому ефектові прояснення, визначається за формулою

$$T = t \cdot \left(H / h\right)^n, \qquad (2.9)$$

де t – тривалість відстоювання в еталонному циліндрі, що відповідає заданому ефектові прояснення; H – глибина проточної частини відстійника; h – висота еталонного циліндра; n – коефіцієнт, що залежить від властивостей завислих речовин; приймається для завислих коагульованих речовин, 0,25, для дрібних мінеральних 0,4 і для структурних важких 0,6 або встановлюється дослідним шляхом.

В окремих випадках відстійники розраховують за навантаженням стічної води на площу дзеркала відстійника *q* або за швидкістю протікання води *v* і тривалістю відстоювання *T*, прийнятими за даними експлуатації.

Основним показником для визначення розмірів відстійників є розрахункова гідравлічна крупність завислих часток, мм/с:

$$u_o = \frac{1000 \cdot k \cdot H}{\alpha \cdot t \cdot \left(k \cdot H / h\right)^n} - \omega, \qquad (2.10)$$

де k – коефіцієнт, що залежить від типу відстійника і конструкції водорозподільних і водозбірних пристроїв; приймається для горизонтальних відстійників 0,5; вертикальних 0,35; радіальних 0,45; з обертовим збірно-розподільчим пристроєм 0,85; $\alpha = 3 / t_t^{0,4}$; t_t *– температура стічної води, °С для* $40 \geq t_t \geq 5$

Вертикальна складова швидкості руху води у відстійнику ω виражається наступними числами:

Середня розрахункова швидкість у проточній частині відстійника, мм/с	5	10	15	20
ω, мм/с	0	0,05	0,1	0,5

Винос завислих речовин із вторинних відстійників для виробничих стічних вод визначається експериментально.

2.4.2. Відстійники

Вертикальні відстійники. Відстійники цього типу застосовують на станціях пропускною здатністю до 20000 м^3/доб для очищення виробничих і побутових стічних вод. Такі відстійники мають вигляд круглих в плані резервуарів діаметром 4 – 9 м з конічним днищем (ємність для нагромадження осаду). Існують також відстійники, що мають у плані квадратну форму зі стороною 12 – 14 м. Днище таких відстійників виконується у вигляді чотирьох мулових приямків пірамідальної форми із самостійним випуском осаду з кожного [2,7].

Найбільш розповсюдженим типом відстійника є відстійник із впуском води через центральну трубу. Такий відстійник в нижній частині обладнаний розтрубом і відбивним щитом (рис. 2.6.). Швидкість руху води в центральній трубі не більша 30 мм/с. Кут нахилу поверхні відбивного щита до обрію – 17°, діаметр розтруба і його висота – 1,35 діаметра центральної труби; діаметр відбивного щита – 1,3 діаметри розтруба; висоту нейтрального шару між низом відбивного щита і поверхнею накопиченого осаду – 0,3 м.

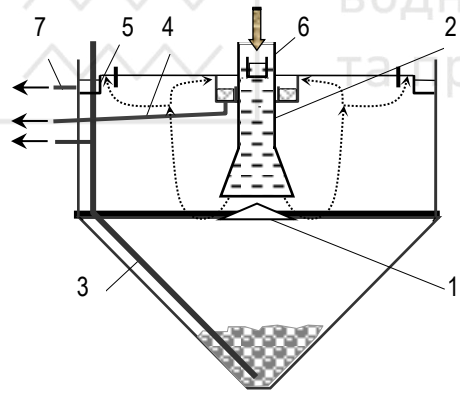


Рис. 2.6. Вертикальний відстійник:
1 – відбивний щит; 2 – центральна груба; 3 – труба для випуску осаду; 4 – те ж, плаваючих речовин; 5 – водозбірний лоток; 6 – лоток підводу; 7 – лоток відводу

Різновидом такого відстічника є відстійник з низхідно-висхідним потоком і з периферійним впуском рідини. Відстійники такого типу відрізняються від звичайних відстійників лише конструкцією впускних і випускних пристроїв. Проте такі відстійники мають пропускну здатність у 1,3 – 1,5 рази вищу, що дозволяє особливо ефективно використовувати їх для інтенсифікації діючих споруд.

Радіус вертикальних відстійників R, м, визначається за формулою:

$$R = \sqrt{\frac{Q}{3{,}6 \cdot \pi \cdot k \cdot u_o}}, \qquad (2.11)$$

де Q – розрахункова витрата стічних вод, м^3/год; k – коефіцієнт об'ємного використання (для відстійників з центральної впускною трубою 0,35, для

відстійників з низхідно-висхідним потоком і периферійним впуском води 0,65 – 0,7); u_o – гідравлічна крупність завислих часток, мм/с.

Горизонтальні відстійники. Горизонтальні відстійники застосовують на станціях очищення стічних вод пропускною здатністю більш 15000 м^3/доб.

Конструкції впускних і випускних пристроїв стічних вод повинні забезпечувати рівномірний розподіл потоку по живому перетину відстійника. Для відводу проясненої води в торці відстійника установлені водозбірні лотки з влаштуванням перед ними напівзанурених перегородок, призначених для затримки спливаючих речовин.

Глибина проточної частини відстійників приймається рівною 1,5 – 4 м; відношення довжини до глибини – 8 – 12 (для виробничих стічних вод – до 20). Ширина відстійника (~ 6 – 9 м) призначається в залежності від способу видалення осаду. Днище відстійника виконується з ухилом до приямку не менше 0,005, висота нейтрального шару приймається 0,3 м над поверхнею осаду; для вторинних відстійників повинна бути врахована глибина шару мулу 0,3 – 0,5 м (рис. 2.7) [4].

Конструкцію і розміри мулових приямків відстійників вибирають у залежності від виду осаду і способу його видалення. При механізованому видаленні осаду з первинних відстійників об'єм мулового приямка приймається рівним кількості осаду, що випав за 8 год.

При видаленні осаду під гідростатичним тиском висота напору води повинна бути 0,9 – 1,5 м у залежності від виду осаду.

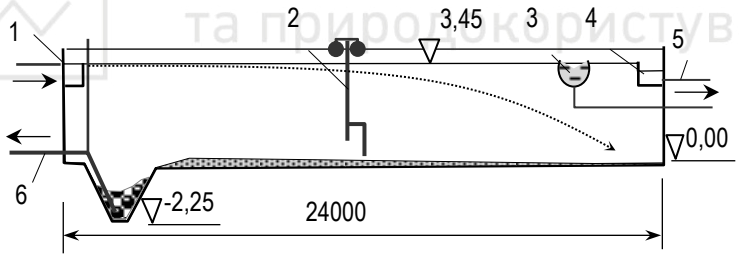


Рис. 2.7. Горизонтальний первинний відстійник:
1 – лоток підводу води: 2 – скребковий механізм; 3 – поворотна труба з щілиноподібними прорізами для видалення плаваючих речовин; 4 – збірний лоток; 5 – трубопровід відводу проясненої води; 6 – трубопровід сирого осаду

Довжина відстійника, м, розраховується за формулою

$$L = \frac{v \cdot H}{k \cdot u_o}, \qquad (2.12)$$

де v – середня розрахункова швидкість у проточній частині відстійника, прийнята 5 – 10 мм/с; k – коефіцієнт об'ємного використання, рівний 0,5; H – висота відстійника, м.

На станціях біологічної очищення з метою підвищення ефективності

прояснювання стічних вод при їх відстоюванні застосовують преаератори. Ефективна робота таких споруд спостерігається при вмісті завислих речовин у стічній воді понад 300 мг/л. При короткочасній (10 – 20 хв) аерації стічної води з надлишковим активним мулом відбувається флокуляція і коагулювання дрібнодисперсних завислих часток зі збільшенням гідравлічної крупності пластівців, а також біохімічне окислювання деякої частини легкоокислюваних розчинених речовин. Попередня аерація збільшує ефективність затримки забруднень у первинних відстійниках за $БПК_{повн}$ і завислих речовинах на 10 – 15%. Кількість активного мулу що подається в преаератори повинна складати не більш 50% його надлишкового обсягу: витрата повітря 0,5 $м^3$ на 1 $м^3$ стічної води.

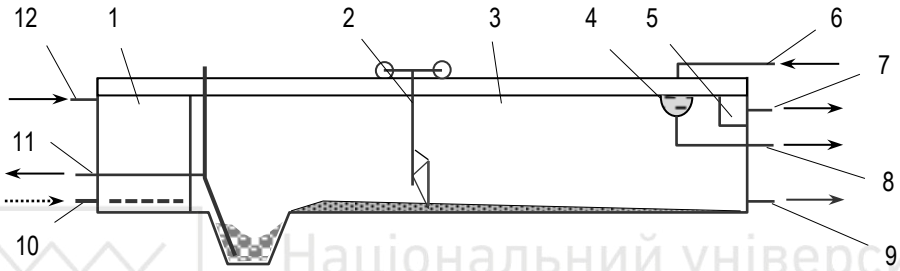


Рис. 2.8. Блок преаератор-первинний горизонтальний відстійник:
1 – преаератор; 2 – шкребок; 3 – відстійник; 4 – пристрій для видалення плаваючих речовин; 5 – збірний лоток; 6 – трубопровід активного мулу для розбавлення плаваючих речовин; 7 – відвід проясненої води; 8 – трубопровід плаваючих речовин; 9 – трубопровід спорожнювання; 10 – подача повітря 11 – відвід сирого осаду; 12 – підведення води

В практиці очищення промислових стічних вод використовують відстійники і інших конструкцій, проте вони набули дещо меншого поширення. До таких відстійників належать: радіальні відстійники; відстійники з обертовим збірно-розподільчим пристроєм; тонкошарові відстійники; двоярусні відстійники; відстійники-прояснювачі; прояснювачі – перегнивачі та інші [1,8].

2.4.3. Спеціальні відстійники для виробничих стічних вод

Нафтовловлювачі, продуктовловлювачі. Нафтовловлювачі застосовують для механічної очищення стічних вод від нафтопродуктів, здатних до гравітаційного поділу (спливання), і від твердих механічних домішок, які осаджуються. Продуктовловлювачі використовуються з тією же метою для відстоювання з води деяких специфічних речовин (наприклад, парафіну зі стічних вод цехів синтетичних жирних кислот на нафтохімічних підприємствах) [4].

Нафтовловлювачі проектуються трьох типів: горизонтальні, багатоярусні (тонкошарові) і радіальні.

Горизонтальний нафтовловлювач має вигляд відстійника, розділеного поздовжніми стінками на паралельні секції (рис. 2.9). Стічна вода з окремо

розташованої розподільної камери по самостійних трубопроводах надходить через щілинну перегородку в кожну секцію нафтовловлювача. Звільнена від нафти вода наприкінці секції проходить під затопленою утримуючою нафту стінкою, через водозлив переливається в відвідний лоток і далі в трубопровід. Для зниження в'язкості нафти в зимовий час передбачається обігрів поверхні рідини (змійовиком).

Нафта, що спливла, у міру її нагромадження зганяється скребковим транспортером до щілинних поворотних труб і виводиться по них з нафтовловлювача. Осад тим же транспортером згрібається до приямка, відкіля його періодично по мулопроводу видаляють через донні клапани або гідроелеваторами. Число секцій приймається не менше двох; ширина секції – 2 – 3 м при глибині шару води, що відстоюється, 1,2 – 1,5 м і пропускній здатності нафтовловлювача до 45 л/с; при великих витратах стічної води приймається ширина секції 6 м і глибина 2 м.

Довжина відстійної частини нафтовловлювача, м, визначається за формулою

$$L = \alpha \cdot h \cdot v / u_o, \qquad (2.13)$$

де α – коефіцієнт, що враховує турбулентність потоку води; h – глибина шару, що відстоюється, м; v – швидкість руху води, мм/с; u_o – швидкість спливання часток нафти, мм/с, приймається з урахуванням кінетики спливання нафти, α =1,75 при v/u_o=20, α =1,65 при v/u_o = 15 і α =1,5 при v/u_o=10.

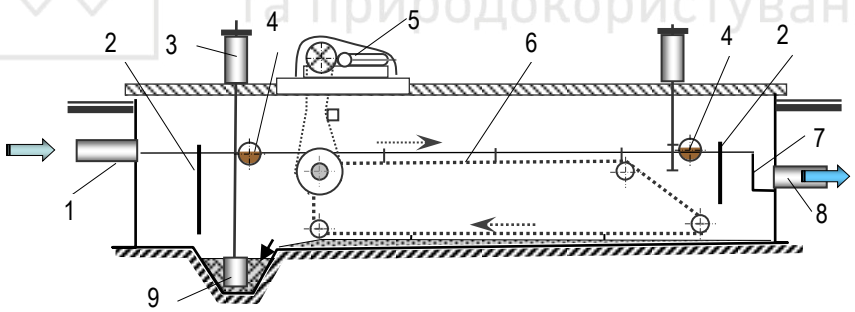


Рис. 2.9. Горизонтальний нафтовловлювач:
1 – підвід води; 2 – напівзанурена перегородка; 3 – штурвал донного клапану; 4 – нафтозбірна труба; 5 – електродвигун; 6 – шкребковий транспортер; 7 – збірний лоток; 8 – відвідна труба; 9 – донний клапан

Гідравлічна крупність, мм/с, може бути визначена за формулою

$$u_o = \frac{(\gamma_1 - \gamma_2)}{1{,}8 \cdot \mu} \cdot g \cdot d^2 \qquad (2.14)$$

де γ_1 і γ_2 – об'ємні маси води і нафти, г/см^3; d – розмір спливаючих нафтових часток, см; μ – в'язкість стічної рідини, г/(см·с). При відсутності даних з

кінетики спливання часток нафти допускається приймати: u_o = 0,4 – 0,6 мм/с; v = 4 – 6 мм/с.

Розрахункова тривалість відстоювання t_p повинна бути не меншою від 2 год. Тривалість спливання нафтових часток:

$$t_p^1 = h / v \qquad (2.15)$$

При цьому необхідною умовою є – $t^1_p \le t_p$

Таблиця 2.3

Основні параметри типових горизонтальних нафтовловлювачів

Глибина проточної частини, м	Будівельні розміри секцій, м			Кількість секцій	Пропускна здатність, м^3/год
	Ширина	Довжина	Висота		
1,2	2	12		1	18
1,25	3	18	2,4 і 3,6	2	72
1,5	3	24		2	108
2	3	30		2	162
2	6	36	2,4	3	594
				4	792

Швидкість руху води в нафтовловлювачі приймається 3 – 10 мм/с; товщина шару нафтопродуктів – 0,1 м; площа щілин у розподільній перегородці – 6 – 7% її загальної поверхні; загальні утрати напору в нафтовловлювачі – 0,4 – 0,5 м.

Багатоярусний (тонкошаровий) нафтовловлювач є удосконаленим видом горизонтального вловлювача, має менші габарити, більш економічний, проте такий нафтовловлювач не набув значного поширення в практиці очищення промислових стічних вод.

Радіальні нафтовловлювачі застосовують замість горизонтальних нафтовловлювачів і ставків додаткового відстоювання. Для установки цих нафтовловлювачів потрібні значно менші площі, видалення нафтопродуктів і осаду в них цілком механізовано. Унаслідок скорочення в цих нафтовловлювачів відкритої поверхні і безперервного видалення нафтопродуктів зменшується загазованість території [4].

Стічна вода надходить у центральну частину радіального нафтовловлювача по трубопроводу, розташованому під його днищем трубопровід переходить в вертикальний розтруб з направляючим циліндром висотою 1,2 м. Циліндр забезпечує заглиблений впуск води у відстійну зону споруди і розподіляє воду по всьому робочому об'єму нафтовловлювача. Для збору проясненої води вловлювачем передбачено кільцевий лоток із пропорційним водозливом. Зі збірного лотка відстояна вода надходить у випускну камеру і далі на наступне очищення.

Рівномірність розподілу і малі швидкості руху стічних вод сприяють спливанню дрібних часток нафтопродуктів розміром до 50 мкм. Нафтопродукти обертовим скребком зганяються до стаціонарно встановленої

нафтозбірної труби, по якій відводяться за межі споруди. Осілий нафтовий осад згрібається механізованим обертовим скребком до центрального приямка, відкіля насосом перекачується в шламонакопичувач.

При розрахунку радіальних нафтовловлювачів приймається: кількість уловлювачів – не менш трьох; тривалість відстоювання *t*= 6 год; гідравлічна глибина відстійника 3 – 3,5 м. Глибина зони відстоювання, м, визначається за формулою:

$$h = 3{,}6 \cdot k \cdot t \cdot u_o \,, \tag{2.16}$$

де k – коефіцієнт об'ємного використання, рівний 0,6; u_o – швидкість спливання (гідравлічна крупність) часток нафти, рівна 0,2 мм/с.

Діаметр відстійника, м, розраховується за формулою

$$D = \sqrt{4 \cdot Q \cdot t / (\pi \cdot h \cdot k)} \,, \tag{2.17}$$

де Q – витрата стічних вод, що надходять в один нафтовловлювач, м^3/год.

Висота зони осаду приймається 0,3 м; товщина плаваючого шару нафтопродуктів – 0,1 м; утрати напору – 0,6 м.

Кількість, м^3, затримуваного осаду на 1 добу визначається за виразом

$$W_{oc} = \frac{C \cdot Q \cdot n}{\gamma_{oc} \cdot (100 - Z_{oc}) \cdot 10^6} \,, \tag{2.18}$$

де С – концентрація механічних домішок у стічній воді, приблизно рівна 500 г/м^3; n – відсоток затримки домішок, що осаджуються: для горизонтальних пасток 60 – 70%, для багатоярусних і радіальних до 75%; γ_{oc} – об'ємна маса часток осаду, рівна 2,65 т/м^3; Z_{oc} – вологість осаду, %, що щойно сплив 95% при об'ємній масі 1,1 т/м^3; злежалого 70% при об'ємній масі 1,5 т/м^3.

Кількість нафти за масою в осаді складає 20%. Кількість, м^3, затриманих нафтопродуктів на 1 добу, визначається за формулою

$$W_н = \frac{Q \cdot (A - A_1)}{\gamma_н \cdot (100 - 70) \cdot 10^4} \,, \tag{2.19}$$

де А і A_1 – концентрація нафтопродуктів відповідно у вихідній і проясненій воді, г/м^3; $\gamma_н$ – об'ємна маса обводнених нафтопродуктів, рівна 0,95 т/м^3; 70 - відсоток обводнення уловлених нафтопродуктів.

Продуктоуловлювачі влаштовуються і розраховуються подібно розрахунку горизонтальних нафтовловлювачів.

Смоловідстійники, смоломастилоуловлювачі. Для очищення на коксохімічних заводах загального стоку фенольних вод, забруднених переважно смолою й мастилами, застосовують радіальні і прямокутні відстійники.

На рис. 2.10 показано відстійник-смоломастилоуловлювач діаметром 9,5 м. Фенольна вода надходить у центральну трубу. Прояснена вода відводиться через затоплені в зовнішній стіні отвори і кільцевий водозлив. Смола, що осаджується на дні відстійника, періодично видаляється скребковим пристроєм у центральний приямок, з якого відкачується насосом у збірник смоли. Для зменшення в'язкості смолу перед відкачкою підігрівають пором до температури 60°С. Мастила, що накопичуються на поверхні води, перетікають у радіальні лотки, по яких відводяться в кільцевий збірник, розташований навколо центральної труби. Мастило зі збірника відкачується насосом.

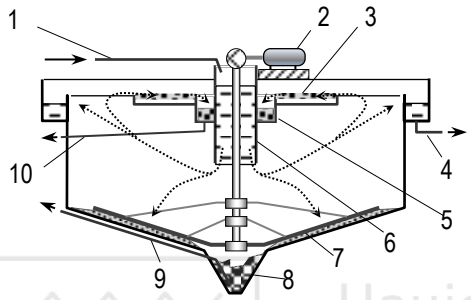


Рис. 2.10. Відстійник-смоломастилоуловлювач: 1 – трубопровід для підведення води; 2 – привод скребкового пристрою; 3 – радіальний лоток; 4 – трубопровід для відводу проясненої води; 5 – кільцевий збірник мастил; 6 – центральна труба; 7 – скребковий пристрій; 8 – центральний приямок; 9 – усмоктувальна лінія смоли до парового насоса; 10 – усмоктувальна лінія мастил до парового насоса

При розрахунку радіальних відстійників варто приймати середню глибину робочого шару води 1,5 м; швидкість руху води 1 – 2 мм/с; тривалість відстоювання 3 – 4 год; ефект прояснення 80 – 90%; об'ємну масу осаду 1,1 г/см^3; частоту обертання скребкового пристрою 1 хв$^{-1}$.

Прямокутні відстійники призначені для очищення фенольних вод тільки від важких домішок – смол. Мастила в цьому випадку уловлюються окремо в мастиловідокремлювачах. Відстійник складається з двох паралельно працюючих відділень. Нижня осадова частина відстійника улаштована у вигляді чотирьох пірамідальних приямків з кутами нахилу стін 50 – 55°, що забезпечують природне сповзання смоли у нижню частину без застосування скребкових пристроїв.

При розрахунку прямокутних відстійників варто приймати: глибину робочого шару води 2 м; товщину нейтрального шару 0,5м; швидкість руху води 1 – 2 мм/с; тривалість відстоювання 4 год; відношення корисного об‘єму до об‘єму осадової частини 2,1:1; ефект прояснення 80 – 90%; залишковий вміст смол і мастил 100 – 200 мг/л.

Після відстійників-смолоуловлювачів фенольні води піддаються очистці від мастил флотацією повітрям у відокремлювачах мастил [1]. Повітря в мастиловідокремлювач подається через фільтросні пластини (рис.2.11). Можливе застосування також і імпелерної флотації. При розрахунку мастиловідокремлювачів варто приймати: тривалість перебування води в зоні мастиловідокремлювача 10 – 15 хв; витрати повітря на 1 м^3/год води, 2 – 4 м^3; площа фільтросів 0,035 м^2 на 1 м^3/год води, що очищається.

Відстійники стічних вод агломераційних фабрик. Для очищення стічних вод, що утворюються при мокрій очистці технологічних газів, застосовуються

радіальні відстійники звичайної конструкції. Необхідний ефект прояснення стічних вод (150 – 200 мг/л) досягається при гідравлічному навантаженні 0,8 – 1 $м^3/(м^2 \cdot год)$ без коагулювання і 2 – 2,2 $м^3/(м^2 \cdot год)$ з коагулюванням поліакриламідом дозою до 2 мг/л. Вологість ущільненого осаду складає 35 – 45%, його об'ємна маса в сухому вигляді – 3,5 – 4 $г/см^3$.

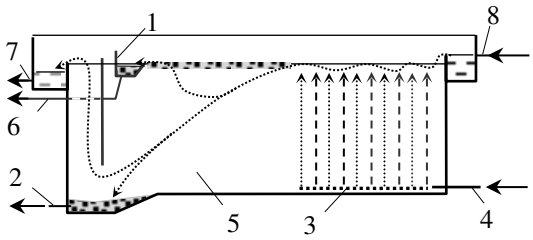


Рис. 2.11. Мастиловідокремлювач:
1 – лійки для збору мастила; 2 – труба для відводу осаду; 3 – фільтросні пластини; 4 – повітропровід; 5 – відстійна зона; 6 – труба відводу мастил; 7 – очищена вода; 8 – труба забрудненої води

Для агломераційних фабрик, де стічні води надходять тільки від аспіраційних систем і гідрозбирання, можливе застосування секційних горизонтальних відстійників. Кожна секція відстійника обладнана стаціонарною скреперною лебідкою Пропускна здатність відстійника 200 – 300 $м^3$/год.

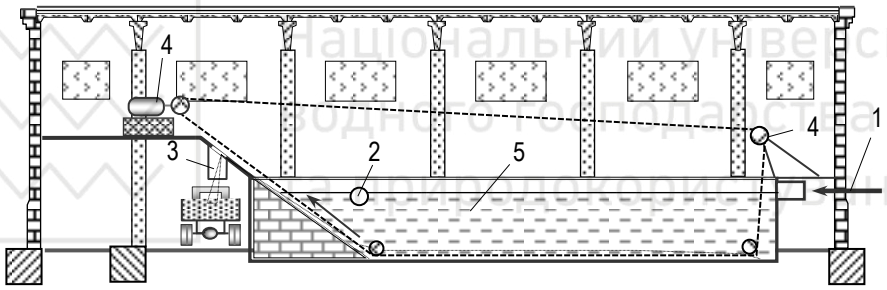


Рис. 2.12. Відстійник стічних вод агломераційних фабрик:
1 – трубопровід забрудненої води; 2 – трубопровід проясненої води; 3 – лоток для шламу; 4 – скреперні лебідки; 5 – відстійник

Відстійники стічних вод газоочищення. Для відстоювання стічних вод газоочищення застосовуються радіальні відстійники, оснащені механічним обладнанням (рис.2.13). Скребкові механізми можуть бути як з центральним, так і з периферійним приводом [4]. З урахуванням специфіки завислих речовин глибину відстійника біля зливного лотка приймають рівною 1,8 – 2 м, нахил дна від периферії до центра – 0,06 – 0,08, а в центральному приямку – 0,12 – 0,16. Рекомендується влаштування двох периферійних водозбірних лотків.

При очистці стічних вод від доменних печей залишковий вміст завислих речовин у проясненій воді не повинен перевищувати 200 мг/л. Питоме гідравлічне навантаження складає 2 – 2,5 $м^3/(м^2 \cdot год)$ без коагулювання, і до 4 $м^3/(м^2 \cdot год)$ з коагулюванням. Коагулювання проводиться хлорним залізом або сірчанокислим алюмінієм разом з поліакриламідом. Оптимальна доза

коагулянтів установлюється дослідним шляхом у кожному конкретному випадку.

При очищенні стічних вод, що утворюються при виплавці феромарганцю, гідравлічне навантаження приймається рівним 0,6 – 0,8 $м^3/(м^2 \cdot год)$, залишковий вміст завислих речовин при цьому буде складати 180 – 650 мг/л.

При очистці стічних вод газоочищення мартенівських печей і кисневих конвертерів гідравлічне навантаження без коагулювання приймається до 1 $м^3/(м^2 \cdot год)$, а з коагулюванням поліакриламідом з дозою 1 мг/л до 2 $м^3/(м^2 \cdot год)$, При цьому досягається вміст завислих речовин у проясненій воді близько 150 мг/л.

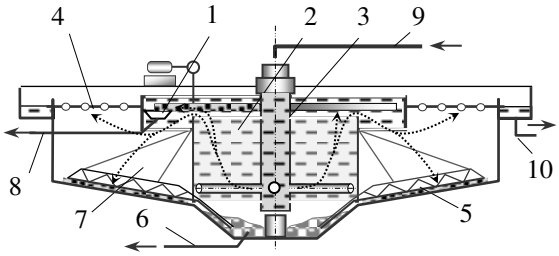


Рис. 2.13. Відстійник з вбудованою камерою флокуляції:
1 – мастилозбірна система; 2 – камери флокуляції; 3 – пристрій для розподілу води; 4 – водозбірні труби; 5 – скребкова ферма; 6 – труба для випуску осаду; 7 – зона осадження; 8 – труба для відводу мастил; 9 – трубопровід забрудненої води; 10 – трубопровід очищеної води

Для стічних вод газоочисток електросталеплавильних печей гідравлічне навантаження на радіальний відстійник при обов'язкової реагентному коагулюванні приймається 0,5 – 0,7 $м^3/(м^2 \cdot год)$.

Камера флокуляції діаметром 10 м утворена в центрі відстійника циліндричною обмежувальною стінкою, підвішеною до обертового моста скребкової ферми. Верхня крайка обмежувальної стінки розташована нижче рівня води у відстійнику, а нижня крайка занурена в шар осаду й утворює мінімальний зазор із днищем відстійника. Камера обладнана розподільним пристроєм, що складається з двох радіальних труб з тангенціальними відводами, на яких кріпляться сопла різних діаметрів для регулювання швидкості висхідного потоку. Усередині камери встановлені знімні струмененапрямні ґрати і діафрагма. Збір проясненої води проводиться через затоплені радіальні дірчасті труби, що з'єднані з периферійним водовідвідним лотком.

Конструктивні особливості відстійника з камерою флокуляції дозволяють збільшити гідравлічне навантаження в порівнянні зі звичайними відстійниками при однаковому ефекті прояснення.

Відстійники стічних вод виробництва гранульованого шлаку. Для очищення стічних вод, що утворюються при грануляції шлаку, застосовують горизонтальні відстійники, які складаються з двох секцій шириною 5 і 6 м і довжиною 18 м; загальна глибина 6 м.

Плаваючі кусочки шлаку періодично видаляють у збірну камеру, закриваючи шибери на випуску води. Осад з відстійника віддаляється грейферним краном. Для запобігання затвердіння осаду у відстійниках необхідно очищати їх через кожні 2 – 3 доби. Гідравлічне навантаження

складає 3 $м^3/(м^2 \cdot год)$.

Відстійники стічних вод виробництва чавуну. Стічні води від розливних машин чавуну проходять два ступені очищення. На І-му ступені застосовуються пісковловлювачі, призначені для уловлювання великих часток розмірами більшими 0,3 мм. Тривалість перебування води в вловлювачі приймається 3 – 5 хв. Концентрація завислих речовин на виході складає 1200 мг/л. Осад з вловлювачів видаляється грейферним краном. Число вловлювачів приймається не менше 2 [1].

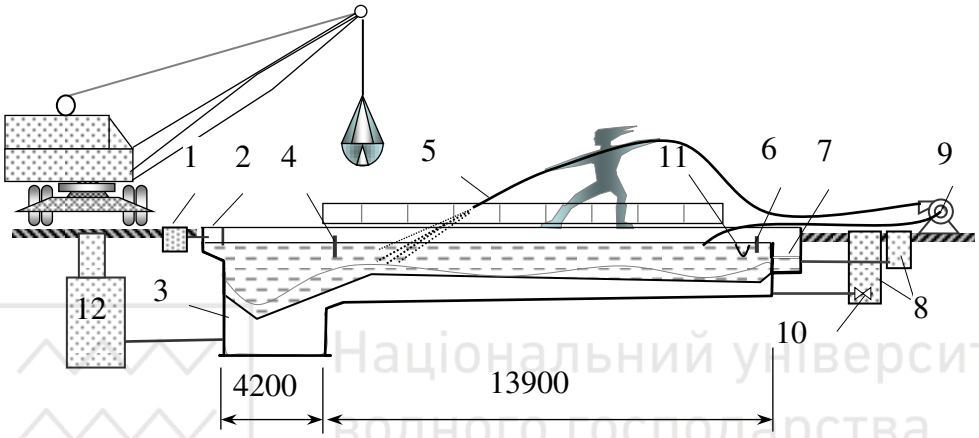


Рис. 2.14. Відстійник стічних вод від розливних машин чавуну:
1 – підвідний канал; 2 – розподільчий канал; 3 – приямок для осаду; 4, 6 – напівзанурена дошка; 5 – змив осаду; 7 – збірний лоток; 8 – відвід води; 9 – пересувний насос; 10, 12 – колодязі для спорожнення відстійника; 11 – жолоб для відводу нафтопродуктів

У якості ІІ-го ступеня застосовують прямокутні секційні горизонтальні відстійники. Кожен відстійник має три секції розміром 18х5,5 м; глибина проточної частини 3,5 м, глибина приямка для нагромадження шламу 2,5 м. Гідравлічне навантаження складає 0,7 – 1 $м^3/(м^2 \cdot год)$. Ущільнення осаду закінчується за 3 – 4 год. Концентрація завислих речовин в ущільненому осаді досягає 300 мг/л, у проясненій воді – 150 – 200 мг/л. Для вивантаження осаду передбачують стаціонарний консольний козловий кран.

Відстійники стічних вод прокатних цехів. Стічні води прокатних цехів піддаються двоступінчастій очистці. На І-му ступені виділяються частки окалини розміром більш 1 мм. У якості первинних відстійників застосовують горизонтальні прямокутні відстійники.

Основною частиною первинного відстійника є осадова камера, у яку стічні води надходять по тунелю. Прояснена вода з осадової камери відводиться через лоток. Осіла в камері окалина періодично видаляється в бункер, де вона додатково зневоднюється. Зневоднена окалина з бункера вантажиться в залізничні вагони.

Розміри первинного відстійника визначаються конструктивно в залежності від кількості води, механізму збирання окалини і місця для розміщення

відстійника. Тривалість перебування води у відстійнику складає 2 – 5 хв, глибина проточної частини – 1,5 м, ширина відстійника вибирається в залежності від прийнятого механізму збирання осаду. Величина осадової частини відстійника розраховується на зберігання добового об‘єму осілої у відстійнику окалини. Усереднена об'ємна маса вологої окалини для високосортних станів складає 3,3 т/м^3, а для середньосортних і дрібносортних – 2,25 т/м^3. У проясненій воді після первинного відстійника міститься до 300 мг/л завислих речовин.

Вторинне очищення стічних вод прокатних станів проводиться як у горизонтальних, так і в радіальних відстійниках. Питоме гідравлічне навантаження на радіальні відстійники приймається рівним 2 – 2,5 м^3/(м^2·год) без коагулювання і до 5 м^3/(м^2·год) при коагулюванні. В якості коагулянту застосовують суміш хлорного заліза і поліакриламіду при оптимальних дозах відповідно 25 – 50 і 1 мг/л.

Вловлювач волокна з стічних вод фабрик первинної обробки вовни. Для виділення волокна із вовномийних стічних вод застосовується машина основним елементом якої служить слабко вигнутий перфорований диск (*D*=2400 мм), укріплений на нижньому кінці повільно обертового і вібруючого вертикального вала. Стічні води, що надходять по підвідному каналу проходять через розподільний барабан і розтікаються тонким шаром по поверхні диска. Вода, що пройшла через отвори, відводиться в каналізацію. Затримані домішки віддаляються з диска скребковим механізмом на транспортер і далі іншим транспортером у цех промивання відходів виробництва для виділення волокна [4].

Пропускна здатність однієї машини по воді 90 – 137 м^3/год; діаметр отвору на диску 3,5 м; кут нахилу конуса 5°; частота обертання 3,57 хв $^{-1}$; число вібрацій 258 – 356 у 1 хв. Ефект виділення волокна 80 – 90% (затримується суміш волокон, піску, грязьових часток і шерстного жиру). Об'ємна маса осаду 1,2 г/см^3, вологість 45 – 70%, зольність 50 – 65%. В осаді міститься в середньому волокна 15 – 25, піску 45 – 65, шерстного жиру 4 – 5% маси сухої речовини.

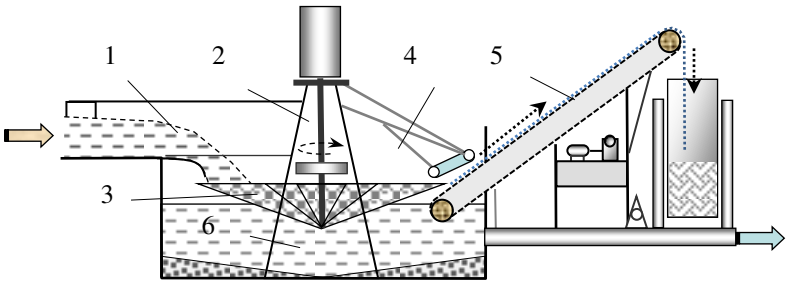


Рис. 2.15. Волокновловлювач:
1 – підвідний канал; 2 – розподільний барабан; 3 – вигнутий конічний диск; 4 – волокнознімний пристрій; 5 – транспортер; 6 – відвідний канал

В залежності від виду виробництва, складу стічних вод, їх фізико-хімічних

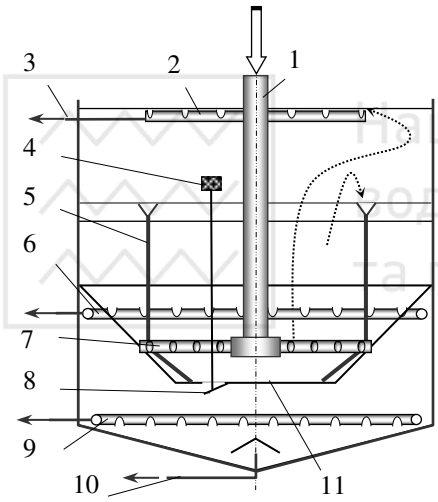
властивостей конструктивні особливості відстійників можуть змінюватися.

2.4.4. Відстійники-прояснювачі

Відстійники-прояснювачі застосовують для очищення стічних вод, що містять до 3000 мг/л завислих речовин. Вода по радіальному лотку і стояку підводиться до нижньої частини прояснювача, рівномірно розподіляється по його площі через дірчасті труби і дірчасте днище і, піднімаючись нагору, проходить через шар зваженого осаду, надлишок якого безупинно віддаляється з робочої частини прояснювача в ущільнювач осаду [1].

Споруджують їх із залізобетону або металу круглими або квадратними в плані відповідно діаметром до 15 м або довжиною сторони квадрата не більш 10 м.

Для розрахунку споруд приймаються наступні параметри: висхідна швидкість руху води 1,2 мм/с; навантаження по воді 5 $м^3/(м^2 \cdot год)$; вологість осаду, що видаляється, 95 – 96%, його кількість – 5 – 6% об'єму стічних вод; ефект прояснення по завислих речовинах 98 – 99%.



Розподільні дірчасті труби розташовуються радіально, швидкість руху води в них 0,4 – 0,6 м/с.

Діаметр отворів у дірчастих трубах дорівнює 40 – 50 мм; швидкість виходу води з отворів – 0,8 – 1,2 м/с. Площа отворів дірчастого днища складає 1,5% площі його поверхні, діаметр отворів днища – 20 мм.

Рис. 2.16. Схема прояснювала:
1 – труба подачі; 2 – кільцевий збірний жолоб; 3 – випуск прояснених стоків; 4 – поплавець до клапана; 5 – труби відведення осаду; 6 – система трубопроводів примусового усмоктування; 7 – розподільча труба; 8 – розвантажувальний клапан; 9 – дірчаста кільцева труба; 10 – труба для випуску осаду; 11 – герметичне дно

Кількість безперервного видалення зваженого осаду в зону його ущільнення складає 35 – 40% пропускної здатності прояснювача.

Для прояснювачів діаметром меншим 4 м труби відводу осаду приймаються 100-мм. Для прояснювачів діаметром від 4 до 8 м – труби відводу осаду – 150 мм, більше 8м – 200 мм. Площа поперечного перерізу труб відводу осаду – 0,7 – 0,8% площі прояснювача. Днище прояснювача – конічне з кутом нахилу до горизонту 30 – 40°.

Діаметр кільцевої дірчастої прийомної труби при діаметрі прояснювача до 7 м приймається 100 мм; від 7 до 12м – 150 мм; більш 12 м – 200 мм. Швидкість руху води в кільцевій трубі – 0,35 – 0,6 м/с; в отворах – 0,7 – 1,2 м/с.

Втрати напору при проходженні стічних вод через шар зваженого осаду 0,06

м на 1 м його висоти.

При застосуванні прояснювачів передбачається попередня обробка води реагентами.

2.5. Гідроциклони і центрифуги

2.5.1. Гідроциклони

Відкриті гідроциклони застосовують для видалення зі стічних вод осідаючих, переважно важких, і крупнодисперсних спливаючих домішок. Перед подачею у відкриті гідроциклони стічні води при необхідності можна коагулювати. Істотною перевагою відкритих гідроциклонів є велика питома пропускна здатність 12 – 20 $м^3/(м^2 \cdot год)$] при невеликих утратах напору (< 0,5 м) [3].

Для більш рівномірного розподілу потоку і більш повного використання об'єму гідроциклона кількість впускних патрубків повинна бути не меншою двох. Швидкість впуску води в гідроциклон складає 0,1 – 0,5 м/с.

Відкриті гідроциклони застосовують наступних типів: без внутрішніх пристроїв, з діафрагмою, з діафрагмою і циліндричною перегородкою, багатоярусні (рис.2.17).

Ефект очищення у відкритих гідроциклонах визначається в основному питомим гідравлічним навантаженням в залежності від характеристики стічних вод, необхідного ступеня очищення і від геометричних розмірів гідроциклона.

Для усіх видів відкритих гідроциклонів гідравлічне навантаження визначають за формулою:

$$q = 3{,}6 \cdot K \cdot u_o, \qquad (2.19)$$

де К – коефіцієнт, що залежить від виду гідроциклона; u_o – гідравлічна крупність затримуваних часток, мм/с.

Відкриті гідроциклони без внутрішніх пристроїв (рис. 2.17, а) рекомендується застосовувати для затримки крупно- і дрібнодисперсних домішок гідравлічної крупністю ~5 мм/с. Значення коефіцієнта *К* приймається рівним 0,61.

Гідроциклони з конічною діафрагмою (рис. 2.17,б) призначені для виділення зі стічних вод дрібнодисперсних зважених речовин гідравлічної крупністю більше 0,2 – 0,3 мм/с. Їх застосовують для обробки невеликих (до 200 $м^3$/год) кількостей води.

Для підвищення ефективності конструкція гідроциклонів доповнюється циліндричною перегородкою (рис. 2.17, в). Впуск води здійснюється тангенціально в простір, обмежений внутрішнім циліндром. При цьому виникає замкнутий циркуляційний потік, що сприяє поліпшенню якості очищення.

Діаметр гідроциклонів з діафрагмою і циліндричною перегородкою приймається ≤ 6 м. Значення коефіцієнта *К* приймається рівним 1,98.

Інтенсифікація процесу поділу *в багатоярусному гідроциклоні* досягається за рахунок зменшення висоти шару відстоювання.

Розміри основних елементів гідроциклонів без внутрішніх пристроїв

Діаметр циліндричної частини D, м..... 2 ÷ 10
Висота циліндричної частини $H_ц$, м..... D
Кут конічної частини α, град..... 80
Діаметр водозливного лотка D_2, м..... D+1
Діаметр впускного патрубка при двох впусках $d_{вх}$, м..... 0,07·D

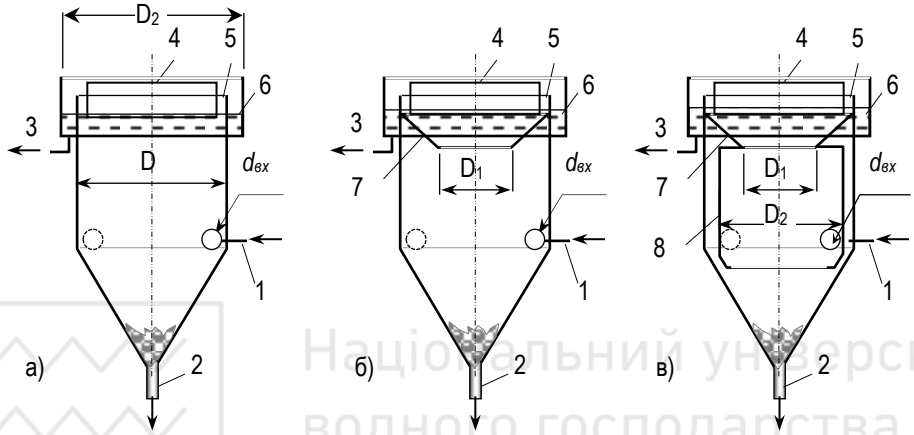


Рис. 2.17. Відкриті гідроциклони:
а – без внутрішніх пристроїв; б – з конічною діафрагмою; в – з конічною діафрагмою і циліндричною перегородкою; 1 – труба вихідної води; 2 – труба відводу шламу; 3 – труба відводу води; 4 – напівзаглибна кільцева стінка; 5 – кільцевий водозлив: 6 – водозбірний кільцевий лоток; 7 – конічна діафрагма; 8 – циліндрична перегородка

При коагулюванні стічних вод межі використання циклонів можуть бути розширені.

Напірні гідроциклони і центрифуги. Процес очищення стічних вод у напірних гідроциклонах і центрифугах відбувається під дією відцентрових сил.

У гідроциклонах поле відцентрових сил виникає завдяки тангенціальному підведенню вихідної води до циліндричного корпуса апарата; у центрифузі воно забезпечується обертанням її корпуса (ротора). Напірні гідроциклони і центрифуги застосовують для виділення зі стічних вод твердих механічних домішок. Для поділу емульсій використовують відцентрові сепаратори.

Процес поділу фаз у полі відцентрових сил, умовно можна вважати, протікає за принципом відстоювання, причому дія сили вільного падіння заміняється дією відцентрової сили.

Основною характеристикою відцентрових апаратів є фактор поділу Fr – критерій Фруда

$$Fr = a_ц / g = \omega^2 r / g , \qquad (2.20)$$

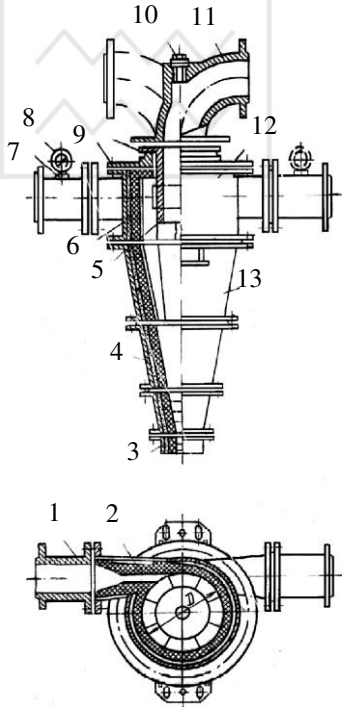
де $a_ц$ *– прискорення руху у відцентровому полі, м/с*^{2}*;* ω *– колова швидкість*

обертання води, $w = \pi n/30$, c^{-1}; n – кількість обертів ротора за хвилину, c^{-1}; r – радіус обертання, м; g – прискорення вільного падіння, рівне 9,81 м/c^2.

За величиною Fr можна судити про те, наскільки процес поділу в полі відцентрових сил протікає швидше в порівнянні з відстоюванням. Значення *Fr* залежить від діаметра апарата і швидкості руху в ньому стічних вод (у гідроциклонах) або швидкості обертання корпуса (у центрифугах).

У промислових центрифугах і гідроциклонах, застосовуваних для очищення стічних вод, фактор поділу змінюється в межах 200 – 3000, що дозволяє відповідно скоротити об'єм і збільшити гідравлічне навантаження в порівнянні з відстійними спорудами.

Напірні гідроциклони застосовуються для механічного очищення стічних вод, а також для згущення, збагачення і класифікації осаду стоків. У напірному гідроциклоні струмінь, рухаючись по гвинтовій спіралі уздовж зовнішньої стінки апарата, направляється в його конічну частину. Тут основний потік змінює напрямок руху і переміщається до центральної частини апарата. Осад виділяється в пристінній зоні і найбільш концентрована частина води відводиться з апарата через насадку для шламу. Потік проясненої води в центральній зоні апарата рухається по циліндричній спіралі нагору до зливної насадки [1,5].



У залежності від діаметрів зазначених насадок, а також розмірів інших конструктивних елементів гідроциклонів відбувається відповідний поділ проясненої води і шламу. Гідроциклони можуть працювати у вертикальному, нахиленому або горизонтальному положенні.

Діаметр гідроциклонів, що застосовуються в виробництві 15 – 1000 мм. Як показує практика, у результаті впливу абразивних часток механічних домішок гідроциклони швидко зношуються. Для подовження терміну служби внутрішню поверхню гідроциклонів футерують керамікою або гумою, покривають знімними зносостійкими вставками. Гідроциклони невеликого діаметра (15 – 50 мм) відливають з абразивностійких матеріалів – гуми, кераміки, пластмас.

Рис. 2.18. Напірний гідроциклон:
1 – живильний патрубок; 2 – знімний гумовий вкладиш; 3 – шламовий патрубок: 4 – складові елементи конічної частини: 5 – зливний патрубок; 6 – цементна стяжка; 7 – мембранний роздільник; 8 – манометр; 9 – кришка циліндричної частини; 10 – заглушка отвору для підключення імпульсної лінії системи автоматичного регулювання гідроциклону; 11 – зовнішній зливний патрубок; 12 – циліндрична частина; 13 – конічна частина

У залежності від витрати оброблюваних вод і типу гідроциклонів можна встановлювати один або декілька паралельно працюючих апаратів, об'єднаних

у блоки (*мультигідроциклони*).

При необхідності глибокого очищення стічних вод доцільна послідовна робота гідроциклонів різних типорозмірів. При цьому апарати першого ступеня призначаються для видалення з води крупних домішок, апарати останнього ступеня – для виділення найбільш дрібних завислих часток, гідравлічна крупність яких визначається відповідно до необхідного ступеня очищення.

При багатоступінчастій схемі роботи гідроциклонів подавати воду, що очищається, можна під загальним напором в усі послідовно працюючі ступені або під визначеним напором у кожну ступінь. У першому випадку передбачають одну загальну насосну установку, у другому – насосну установку для кожної ступені. Загальну станцію розраховують на створення максимального тиску, щоб забезпечити нормальну роботу гідроциклонів останнього ступеня очищення.

Для зменшення довжини підвідних комунікацій і втрат напору в них гідроциклони варто розміщувати якнайближче до живильних насосів. Оптимальна схема установки визначається техніко-економічним розрахунком. Щоб уникнути засмічення гідроциклонів, рекомендується встановлювати захисні сітки на всмоктувальних трубах насосів. Розміри вічок сітки повинні бути в 6 – 10 разів менше діаметра шламової насадки.

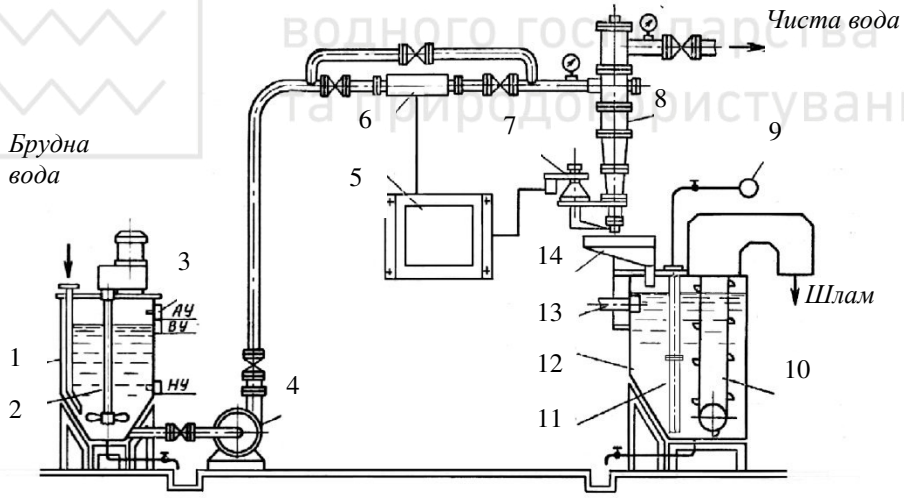


Рис. 2.19. Схема установки механічного очищення стічних вод скляного заводу в гідроциклонах: 1 – прийомний резервуар; 2 – пропелерна мішалка; 3 – електронні сигналізатори рівня; 4 – пісковий насос; 5 – система оптимального автоматичного регулювання; 6 – концентратомір; 7 – регулятор витрати шламу; 8 – напірний гідроциклон; 9 – збірний трубопровід; 10 – скребковий транспортер; 11 – система примусового видалення вологи; 12 – шламовий резервуар; 13 – переливний трубопровід; 14 – приймач шламу

Параметри оптимального режиму експлуатації гідроциклонів уточнюють при пуску і налагоджувані установок, регулюючих напір перед апаратами і розміри площ живого перетину зливного і шламового патрубків.

Розрахунок ефективності гідроциклонів проводять за граничною крупністю поділу δ, мкм (δ – максимальний розмір часток, що потрапляють у злив гідроциклона) і заданою гідравлічною крупністю часток u_o, мм/с, які потрібно виділити, щоб забезпечити необхідний ефект очищення.

Гідравлічна крупність часток, затримуваних у гідроциклонах, визначається за спрощеною формулою:

$$u_o = 15{,}33\frac{K_T}{a}\cdot\frac{D^3}{Q_{пит}}, \qquad (2.21)$$

де D – діаметр гідро циклона, м; $Q_{пит}$ – продуктивність гідро циклону, м^3/с; K_T – коефіцієнт врахування концентрації зависі і турбулентності потоку (для агрегатно-стійких суспензій незначних концентрацій K_T=0,04); а – коефіцієнт врахування затухання тангенціальної швидкості гідро циклоні, рівний 0,45.

Таблиця 2.4

Напірні гідроциклони

Параметри	Розміри основних вузлів і деталей для типу гідроциклона			
	ПД-150К	ГЦ-250К	ГЦ-360К	ГЦ-500К
Циліндрична частина (внутрішній діаметр), мм	150	250	330	500
Маса гідроциклона, кг, лита конструкція	116	250	428	742
Об'ємна продуктивність м^3/год, при P=0,03 – 0,25 МПа	12 – 35	30 – 86	65 – 160	98 – 281
Гранична крупність поділу δ, мкм	28 – 93	37 – 135	44 – 180	52 – 240

2.5.2. Центрифуги

Установки з центрифугами. Для очищення стічних вод доцільно використовувати осаджувальні центрифуги безперервної і періодичної дії.

Центрифуги класифікують за [2,5]:

- фактором поділу - промислові центрифуги умовно ділять на нормальні центрифуги з фактором поділу F_r<3500; швидкісні з фактором поділу F_r > 3500;
- фізичною сутністю процесу – осаджувальні та фільтруючі;
- характером роботи – періодично і безперервно діючі центрифуги;
- конструкцією опор і розташуванням осі барабана – підвісні вертикальні, вертикальні стоячі, горизонтальні, з нахилом;
- способом вивантаження осаду з барабана - розрізняють центрифуги з ручним вивантаженням, гравітаційним, шнековим, ножами і шкребками, пульсуючими поршнями та ін..

Застосування центрифуг найбільш доцільно й економічно виправдано в наступних випадках:

для локального очищення стічних вод, коли виділений осад являє цінність і

може бути утилізований;

при складі забруднень у воді, для вилучення яких не можна використовувати реагенти;

для скорочення площі, на якій розміщують установку.

З цією метою найбільш підходять осаджувальні горизонтальні шнекові центрифуги безперервної дії, центрифуги періодичної дії маятникового типу і прояснювальні трубчасті.

Центрифуги осаджувальні горизонтальні шнекові застосовують для виділення зважених речовин гідравлічною крупністю ~ 0,2 мм/с (противоточні) і 0,05 мм/с (прямоточні). При цьому обов'язково осад транспортують шнеком. Якщо тверда фаза стічних вод має абразивні властивості, робочу частину шнека захищають від абразивного зносу спеціальними зносостійкими покриттями.

Центрифуги періодичної дії доцільно застосовувати в тих випадках, коли:

- концентрація нерозчинених забруднень у стічних водах не перевищує 2 – 3 г/л (для трубчастих – 1 г/л);
- необхідно виділити з оброблюваних стічних вод частки нерозчинених забруднень гідравлічною крупністю не менше 0,001 мм/с;
- у стічних водах містяться частки твердої фази з високими абразивними властивостями.

Ефект очищення стічних вод у центрифугах можна регулювати зміною гідравлічного навантаження, частоти обертання ротора і діаметра зливного патрубка. Якість очищення підвищується зі зменшенням гідравлічного навантаження і діаметра зливального патрубка та зі збільшенням фактора поділу *Fr*.

Необхідний фактор поділу і тривалість центрифугування для досягнення необхідного ступеня очищення стічних вод можна визначити за графіками кінетики відцентрового поділу при різних значеннях *Fr*. Графіки будують за результатами експериментальних даних, отриманих на лабораторній непротічній центрифузі.

Об'ємна продуктивність центрифуги Q, м^3/год, визначається розрахунком:

$$Q = W_в / T_ц, \tag{2.22}$$

де $W_в$ – розрахунковий об'єм ванни ротора центрифуги; $T_ц$ – тривалість центрифугування.

Оскільки об'єм ванни ротора використовується не цілком, то фактична продуктивність $Q_ф$ буде меншою від розрахункової:

$$Q_ф = Q \cdot K / 100, \tag{2.23}$$

де К – коефіцієнт використання об'єму ванни ротора, %.

Коефіцієнт K залежить від конструктивних особливостей ванни і характеру потоку в середині ротора, що міняється при зміні гідравлічного навантаження.

Зі збільшенням об'ємної продуктивності центрифуги потік у ванні ротора заглиблюється і її об'єм використовується повніше. Для орієнтованих розрахунків значення *K* може прийматися рівним 40 – 60%.

Декантерні центрифуги призначені для відділення з рідкої фази твердих частинок з діаметром від 5 мм до декількох мікрон. Вони також можуть обробляти суспензії з масовим вмістом твердої фази від 0,1% до 65%. Центрифугуванню піддається осад з вологістю до 60 – 99%. Фугат має вигляд розчиненого осаду з вмістом до 75% сухої речовини.

Робота декантера протікає в такий спосіб. Осад через центральну трубу (порожнинний вал шнека) надходить у циліндроконусний барабан (рис. 2.20). Вихідний продукт обертаючись розподіляється по барабану. Під дією відцентрової сили, частинки твердої фази осідають на внутрішній стінці і безперервно просуваються шнеком у конічну частину барабана. Транспортуюча здатність шнека визначається різницею частот обертання між шнеком і барабаном.

Поділ вихідного продукту відбувається по всій довжині циліндричної частини барабана, при цьому прояснена рідка фаза виходить з циліндричного торця через регулювальні кільця.



Рис. 2.20. Загальний вигляд декантерної центрифуги

Інший тип поширених відстійних центрифуг – це спеціальні сепаратори, які мають ротор діаметром 150 – 300 мм, що обертаються зі швидкістю 5000 – 10000 об/хв. Вони призначаються для поділу емульсій, а також для прояснення рідин.

У рідинному сепараторі тарілчастого типу (рис. 2.21) оброблювана суміш у зоні відстоювання розділена на кілька шарів, подібно до тонкошарових відстійників. Емульсія подається по центральній трубі 1 в нижню частину ротора, звідки через отвори в тарілках 2 розподіляється тонкими шарами між ними. Важкі частинки, переміщаючись уздовж поверхні тарілок, відкидаються відцентровою силою до периферії ротора і відводяться через отвір 3. Рідина переміщається до центру ротора і видаляється через кільцевої канал 4.

Отвори в тарілках розташовуються орієнтовно по поверхні розділу між

важчою і більш легкої рідинами. Для того щоб рідина не відставала від обертового ротора, він забезпечений ребрами 5. Для тієї ж мети тарілки мають виступи, які одночасно фіксують відстань між ними.

Перевірочний розрахунок відстійних центрифуг проводиться після вибору конкретного агрегату за рекомендаціями виробника, коли стануть відомі такі параметри центрифуги, як *Fr* – фактор поділу, *R* – радіус ротора, *n* – швидкість обертання ротора.

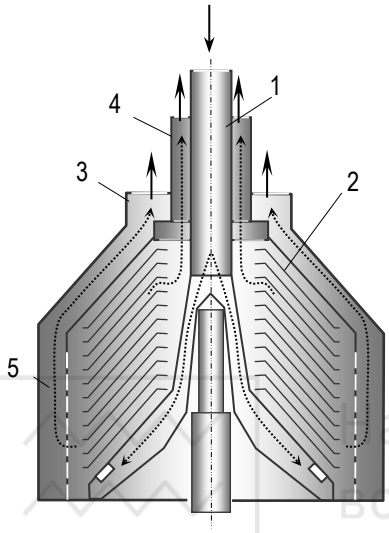


Рис. 2.21. Рідинний сепаратор тарілчастого типу:
1 – труба для подачі емульсії; 2 – тарілки; 3 – отвір для відведення більш важкої рідини; 4 – кільцевої канал для відведення більш легкої рідини; 5 – ребра.

З рівнянь матеріального балансу можна визначити продуктивність центрифуги за сухою твердою речовиною:

$$M_T = W_o \frac{c_o^{тв}}{100}\ , \text{кг/год}\ , \qquad (2.24)$$

де W_o – об'ємна витрата, що подається на розділення суспензії, м^3/год; $c_o^{тв}$ – початкова концентрація суспензії за твердою речовиною, кг/м^3.

Продуктивність центрифуги за фугатом:

$$W_{фуг} = W_o \frac{100 - в - x_o^{тв}}{100 - в - x_{фуг}^{тв}}\ , \text{м}^3/\text{год}, \qquad (2.25)$$

де в – вологість осаду в мас.%; $x_o^{тв}$ і $x_{фуг}^{тв}$ – концентрації твердої речовини у вихідній суспензії і в фугаті, % мас.

Витрати обох потоків включають в розрахунок матеріального балансу технологічної схеми і вирішують питання щодо поводження зі скидним потоком.

Контрольні питання

1. Визначення необхідного ступеня очищення стічних вод, що надходять у водойму.
2. Умови визначення необхідної площі грат.
3. Бункери піску – конструкція та їх призначення.
4. Визначення об'єму усереднювача за концентрацію домішок.
5. Визначення усереднювача за концентрацією домішок і нерівномірністю притоку стічних вод.
6. Конструкція усереднювача за концентрацією домішок і витратами та принцип його роботи.
7. Методи очищення стічних вод.
8. Регенеративні та деструктивні методи очищення стічних вод.
9. Відстійники, їх конструкції та принцип роботи.

10. Визначення розрахункової тривалості відстоювання стічних вод у відстійнику.
11. Визначення розрахункової гідравлічної крупності завислих часток.
12. Вертикальний відстійник: конструктивні особливості та принцип роботи.
13. Визначення розмірів вертикального відстійника.
14. Горизонтальний відстійник: конструктивні особливості та визначення основних конструктивних розмірів.
15. Горизонтальний нафтовловлювач: конструктивні особливості та визначення основних конструктивних розмірів.
16. Радіальний нафтовловлювач: конструктивні особливості та визначення основних конструктивних розмірів.
17. Відстійник-смоломастилоуловлювач: конструктивні особливості, основні параметри, принцип його роботи.
18. Відстійник стічних вод агломераційних фабрик: конструктивні особливості, основні параметри, принцип його роботи.
19. Відстійник з вбудованою камерою флокуляції: конструктивні особливості, основні параметри, принцип його роботи.
20. Відстійник стічних вод від розливних машин чавуну: конструктивні особливості та принцип його роботи.
21. Вловлювач волокна з стічних вод фабрик первинної обробки вовни: технологічні параметри та принцип роботи.
22. Відстійники-прояснювачі: конструктивні особливості та область застосування.
23. Безнапірні гідроциклони: конструктивні параметри, технологічні параметри, умови роботи та розрахункові залежності.
24. Напірні гідроциклони: конструктивні особливості, технологічні параметри та умови роботи.
25. Центрифуги: конструктивні особливості, область застосування.
26. Рідинний сепаратор тарілчастого типу: конструктивні особливості, область застосування.

Література

1. Яковлев С. В., Карелин Я. А., Ласков Ю. М., Калицун В. И. Водоотведение и очистка сточных вод. – М. : Стройиздат, 1996. – 591 с
2. Канализация населенных мест и промышленных предприятий. Справочник проектировщика. /Н. И. Лихачев, И. И. Ларин, С. А. Хаскин и др.; Под ред. В.Н.Самохина. 2-е изд., перераб. И доп. – М. : Стройиздат, 1981. – 638 с.
3. Ковальчук В. А. Очистка стічних вод. – Рівне: ВАТ «Рівненська друкарня», 2002. – 622 с.
4. Мацнєв А. І., Саблій Л. А. Водовідведення на промислових підприємствах: Навч. посіб. для студентів вузів спец. "Водопостачання, водовідведення, раціон. використання і охорона вод. ресурсів". – Рівне : Українська державна академія водного господарства, 1998. – 218 с.
5. Романков П. Г. Курочкина М. И. Гидромеханические процессы химической технологии. Л. : Химия, 1974. – 288 с.
6. Строительные нормы и правила (СНИП) 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения. – М. : Стройиздат, 1986. – 72 с.
7. Metcalf and Eddy. Wastewater Engineering. Treatment and Reuse. Fourth Edition. International Edition 2004 – McGraw-Hill Inc. New-York, 1919.
8. Bartkiewicz B. Umiejewska K. Oczyszczanie ścieków przemysłowych. Wydanie 2. Wydawnictwo PWN: 2010. – 310 st.

Національний університет водного господарства та природокористування

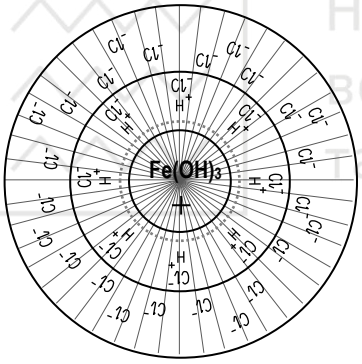
3. ТЕХНОЛОГІЯ ОБРОБКИ СТІЧНОЇ ВОДИ ХІМІЧНИМИ РЕАГЕНТАМИ

3.1. Коагулювання домішок води

3.1.1. Загальні відомості

Коагулюванням називається процес укрупнення частинок колоїдної системи при їх зіткненнях в результаті теплового руху, перемішування або спрямованого переміщення в зовнішньому силовому полі [20]. Дисперговані, колоїдні і завислі частинки домішок вод у більшості випадків мають однакові заряди, що обумовлює виникнення міжмолекулярних сил відштовхування і агрегативну стійкість. Оскільки в технології очищення води передбачається часткове або повне видалення домішок, агрегативну стійкість частинок намагаються порушити, а заряд їх усунути або знизити до дуже малих значень. Цього досягають додаванням до води сульфатів алюмінію, заліза (II) та заліза (III), хлориду алюмінію, хлориду заліза (III), алюмінату натрію, оксихлориду алюмінію та інших речовин, які, будучи коагулянтами, або порушують агрегативну стійкість системи, або утворюють внаслідок гідролізу колоїди, що сорбують домішки з води [12].

Виникненню колоїдних частинок передує утворення твердої фази (ядра), яка адсорбує з розчинів потенціалутворюючі іони. Різнойменно заряджені іони (проти-іони), що знаходяться в розчині, внаслідок електричного притягання між різнойменних електричними зарядами, збираються біля поверхні ядра утворюючи колоїдну частинку (рис. 3.1) [1,5].



На рис. 3.1 представлена схема будови міцели золя[1] $Fe(OH)_3$, отриманого внаслідок гідролізу $FeCl_3$.

Рис. 3.1. Схематичне зображення міцели золя гідроксиду заліза (III) з позитивно зарядженої частинкою

Золь $A1(OH)_3$, який утворюється при гідролізі солей алюмінію, заряджений позитивно при низьких значеннях *pH* води і негативно – при високих. Поверхня колоїдної частинки золя набуває заряду в результаті декількох можливих процесів: у лужному середовищі кристалічна решітка частинки добудовується гідроксильними іонами, які знаходяться у воді, набуваючи негативного заряду; в нейтральному і кислому середовищах – позитивного заряду, який виникає за рахунок адсорбції решіткою іонів $A1^{3+}$.

При додаванні електроліту до колоїду з метою його коагулювання можна помітити, що коагулювання починається не в ізоелектричній точці, а при значенні потенціалу ~ 0,03 В (значення ζ – потенціалу для більшості колоїдів зазвичай становить 0,07 В). Це значення ζ – потенціалу є мірою стійкості

[1] Золь - система, яка складається з колоїдних частинок, розподілених в рідкому чи газоподібному середовищі

Національний університет водного господарства та природокористування

колоїдних систем і називається критичним. З його зменшенням стійкість колоїдної системи знижується [1].

При очищенні води коагулювання колоїдів протікає під впливом складної суміші електролітів, яка знаходяться у воді, і під впливом іонів, що вносяться у воду разом з коагулянтом [11,19]. Так, у разі застосування $Al_2(SO_4)_3$, у воду вносять значні кількості іонів SO_2^{-4}.

Якщо в якості коагулянту використовується $FeCl_3$, в воді підвищується вміст іонів Cl^-. Наявність суміші електролітів дещо ускладнює коагулювання.

3.1.2. Коагулювання при очищенні стічних вод

Методи коагулювання найчастіше застосовують у процесах очищення стічних вод підприємств хімічної, нафтохімічної, нафтопереробної, целюлозно-паперової, легкої, текстильної та інших галузей промисловості від колоїдних (0,001-0,1 мкм) і дрібнодисперсних (0,1-10 мкм) твердих і рідких (нафтопродукти, смоли) включень [20].

Коагулювання стічних вод здійснюють або звичайними реагентами, які утворюють у воді пластівці гідроксидів (солі алюмінію, заліза), або реагентами, які змінюють активну реакцію середовища (кислоти, луги), що призводить до коагулювання домішок, які містяться в стічних водах (солей заліза, білкових речовин). Коагулянти утворюють у воді пластівці гідроксидів металів, які швидко осідають під дією сил тяжіння. Пластівці мають здатність вловлювати колоїдні і завислі частинки, утворюючі агрегати. Обумовлено це тим, що колоїдні частинки мають слабкий негативний заряд, а пластівці коагулянтів - слабкий позитивний заряд, тому між ними виникає взаємне притягання. Інколи добавлені реагенти вступають у реакцію з одними домішками стічних вод, сприяючи коагулювання інших [3,4]. Наприклад, при підкислюванні стічних вод, що містять віскозу, яка є лужним розчином ксантогенату целюлози, кислота реагує з їдким натром із утворенням сульфату натрію, внаслідок чого целюлоза регенерується і коагулює у вигляді великих пластівців, які сорбують на собі колоїдні частинки, молекули газів, барвників.

Вибір коагулянтів здійснюється на підставі вивчення фізико-хімічного складу стічних вод і експериментальної перевірки дії різноманітних реагентів [6,13].

Солі алюмінію можна вжити для коагулювання стічних вод із pH 4 – 8. За таких значень pH гідроксиду алюмінію, що утворюється внаслідок гідролізу, притаманна найменша розчинність, яка, проте, залежить від складу стічних вод, їх температури і pH (табл..3.1).

Здатність коагулянту-електроліту викликати коагулювання колоїдної системи зростає зі збільшенням ступеня окислення коагулювального іону, що володіє зарядом протилежним за знаком заряду колоїдних частинок. Тому в якості коагулянтів використовують солі металів (III): алюмінію, заліза або їх суміші.

Коагулювальна дія солей є результат гідролізу, який проходить слідом за розчиненням. Процес гідролізу коагулянтів і утворення пластівців гідроксидів

Національний університет водного господарства та природокористування

відбувається за такими стадіями:

$$Me^{3+} + HOH \leftrightarrow Me(OH)^{2+} + H^+$$
$$Me(OH)^{2+} + HOH \leftrightarrow Me(OH)_2^{+} + H^+$$
$$\underline{Me(OH)_2^{+} + HOH \leftrightarrow Me(OH)_3 + H^+}$$
$$Me^{3+} + 3HOH \leftrightarrow Me(OH)_3 + 3H^+$$

Насправді процес гідролізу протікає значно складніше. Іон металу утворює ряд проміжних сполук у результаті реакцій з гідроксид-іонами і полімеризації. Утворені сполуки мають позитивний заряд і легко адсорбуються негативно зарядженими колоїдними частинками.

Утворені в процесі гідролізу кислоти повинні бути нейтралізовані, інакше рівновагу реакції буде зрушено вліво. Для підлужування стічних вод зазвичай використовують вапно $Ca(OH)_2$ або гідроксид натрію $NaOH$. Нейтралізація утворюваних кислот може також протікати за рахунок лужного резерву стічної рідини.

Таблиця 3.1

Розчинність коагулянтів

Коагулянт	Температура розчинів ºС								
	0	10	20	30	40	50	60	80	100
	Розчинність, мас. %								
$Al_2(SO_4)_3$	23,8	25,1	26,7	28,8	31,4	34,3	37,2	42,2	47,1
$FeCl_3$	42,7	45,0	47,9	51,6	–	78,2	78,9	84,0	84,3
$FeSO_4$	13,5	17,0	21,0	24,8	28,7	32,3	35,5	35,5	

З метою зменшення витрати реагентів процес коагулювання слід здійснювати в оптимальному діапазоні pH: для $Al(OH)_3$ – від 4,5 до 7; для $Fe(OH)_2$ – від 8,5 до 10,5, а для $Fe(OH)_3$ – від 4 до 6 і від 8 до 10 [24].

Оскільки дози коагулянту досить великі (інколи до 1 г/л), стічна вода повинна мати достатній лужний резерв для нейтралізації іонів водню, які утворюються внаслідок гідролізу:

$$Al^{3+} + 3H_2O \Leftrightarrow Al(OH)_3 + 3H^+ . \qquad (3.1.)$$

Якщо лужного резерву не вистачає, то потрібно добавляти лужні реагенти – вапно, соду, їдкий натр.

Солі алюмінію використовують здебільшого у вигляді сульфату алюмінію (глинозем), а також алюмінату натрію, який доцільно застосовувати для кислих стічних вод самостійно або в суміші з сульфатом, хлориду алюмінію, алюмокалієвих галунів, поліхлориду алюмінію, оксихлориду алюмінію тощо:

$$Al_2(SO_4)_3 + 6NaAlO_2 + 12H_2O \Leftrightarrow 8Al(OH)_3 + 3Na_2SO_4. \qquad (3.2)$$

Солі заліза застосовують у вигляді сульфату заліза (залізний купорос) або хлориду заліза. Сульфат заліза $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ вміщує двовалентне залізо,

Національний університет водного господарства та природокористування

гідроксид якого $Fe(OH)_2$ є нерозчинним при pH>9.

За менших значень pH необхідно створювати умови для окиснення двовалентного заліза у тривалентне, наприклад, аерувати воду, щоб одержати гідроксид тривалентного заліза, який починає осідати вже при pH 3. Окиснення та гідроліз двовалентного заліза відбуваються найефективніше при pH 7,5 – 8:

$$4Fe(OH)_2 + O_2 + 2H_2O \Leftrightarrow 4Fe(OH)_3. \quad (3.3)$$

Таким чином, сульфат заліза доцільно застосовувати в лужному середовищі (pH > 7,5) або у випадку використання лужних реагентів.

Застосування солей заліза особливо ефективне в тих випадках, коли за допомогою них можна здійснити разом із коагулюванням й інші технологічні процеси, такі як відновлення (наприклад, шестивалентного хрому у тривалентний) або перетворення розчинених речовин на нерозчинні форми (наприклад, сульфіду натрію на сульфід заліза). Разом із тим, солі заліза можуть забарвлювати стічні води, які містять феноли або деякі органічні речовини, внаслідок утворення добре розчинних забарвлених сполук – фенолятів заліза в першому випадку, або забарвлених комплексів органічних речовин із залізом, у другому [8].

В якості коагулянтів використовують сульфат алюмінію $Al_2(SO_4)_3\ 18H_2O$, алюмінат натрію $NaAlO_2$, гідроксохлорид алюмінію $Al_2(OH)_5Cl$, квасці алюмокалієві $KAl(SO_4)_2\ 12H_2O$ і аміачні $NH_4KAl(SO_4)_2\ 12H_2O$.

Для коагулювання сильнолужних вод застосовують солі магнію – хлориди або сульфати ($MgCl_2 \cdot 6H_2O$, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$). Гідроксид магнію $Mg(OH)_2$ коагулює при pH 11. Також можна використати карбонат магнію з вапном; при цьому утворюються дві нерозчинні сполуки – гідроксид магнію та карбонат кальцію.

В окремих випадках в якості коагулянтів застосовують карбонат або хлорид кальцію, фосфати, сульфат або оксихлорид цирконію тощо.

Із перерахованих коагулянтів найчастіше застосовують сульфат алюмінію, який добре розчиняється в воді і має відносно низьку вартість. Його застосовують в сухому вигляді або в вигляді 50% розчину. Часто застосовують суміш $NaAlO_2$ і $Al_2(SO_4)_3\ 18H_2O$ в співвідношенні від 10 : 1 до 20 : 1. Сумісне застосування цих солей дозволяє підвищити ефективність прояснення, збільшити густину і швидкість осадження пластівців, розширити оптимальну область pH середовища [20].

Із солей заліза в якості коагулянтів використовують сульфати заліза $Fe_2(SO_4)_3 \times 2H_2O$, $Fe_2(SO_4)_3 \times 3H_2O$ і $FeSO_4 \times 7H_2O$, а також хлорне залізо $FeCl_3$. Найкращого ефекту можна досягти при використанні солей *Fe(III).* Хлорне залізо застосовують в сухому вигляді або вигляді 10–15% розчину. Сульфати заліза використовують у вигляді порошків. Доза коагулянту залежить від pH стічних вод. Оптимальні діапазони pH: для *Fe(III)* – від 6 до 9, а для *Fe(II)* ≥ 9,5.

Коагулянти з солей заліза мають ряд переваг перед коагулянтами з солей алюмінію: краще діють при низьких температурах води, мають ширшу область

Національний університет водного господарства та природокористування

оптимальних значень *pH* середовища, мають більшу міцність і гідравлічну крупність пластівців, проте характеризуються менш розвиненою поверхнею.

При використанні сумішей $Al_2(SO_4)_3 \times 18H_2O$ і $FeCl_3$ в співвідношеннях від 1 : 1 до 1 : 2 досягається кращий результат коагулювання, ніж це протікає при окремому використанні реагентів. Спостерігається прискорене осадження пластівців.

Окрім названих коагулянтів для обробки стічних вод можуть бути використані різні глини, травильні розчини, пасти, суміші, шлаки, які містять залізо і алюміній.

Оптимальну дозу реагенту встановлюють на підставі пробного коагулювання.

Швидкість коагулювання залежить від концентрації електроліту. У загальному вигляді ця залежність показана на рис. 3.2. При малих концентраціях електроліту ефективність зіткнень часток (відношення числа зіткнень, що закінчилися злипанням, до загальної кількості зіткнень) близька до нуля ($y \approx 0$). У міру зростання концентрації швидкість коагулювання збільшується, але не всі зіткнення ефективні - таке коагулювання називають повільною. При $y = 1$ настає швидке коагулювання, за якої всі зіткнення частинок закінчуються утворенням агрегатів.

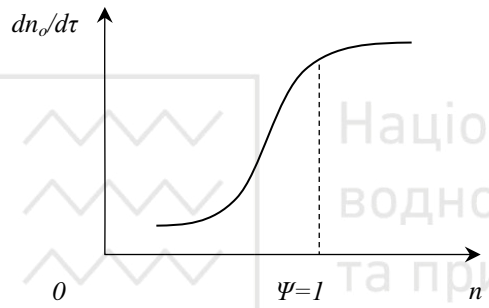


Рис. 3.2. Залежність швидкості коагулювання від концентрації електроліту

Якщо описувати поведінку системи частинок функцією розподілу їх за масами, то поведінка цієї функції в широкому діапазоні умов визначається з рішення рівняння коагулювання - так званого кінетичного рівняння М.Смолуховского. Видатний польський вчений, відомий своїми глибокими результатами у багатьох областях фізичної науки, - М.Смолуховський сформулював свій знаменитий кінетичне рівняння коагулювання в 1916 р. Проте до теперішнього часу, наскільки нам відомо, не існує повної і точної методики розрахунку цього надзвичайно складного фізико-хімічного процесу.

Швидкість швидкого коагулювання для нерухомого середовища при броунівському русі частинок, за теорією Смолуховского [20], дорівнює

$$\frac{dn_a}{d\tau} = K(n_o - n_a)^2, \qquad (3.4)$$

де n_a – число агрегатів частинок; τ – тривалість коагулювання; n_o – початкова концентрація частинок; K – константа швидкості коагулювання; $K \approx 4\pi\partial R \approx 8\pi Dr$; D – коефіцієнт дифузії одиночних частинок; r – радіус частинок; R – відстань, на яку повинні наблизитися частинки, щоб пройшло їх

Національний університет водного господарства та природокористування

об'єднання (R≈2r).

Кількість частинок в одиниці об'єму рідини до моменту часу *t* визначається за формулою

$$n_\tau = \frac{n_o}{1 + \Psi(\frac{\tau}{t_{1/2}})} \quad , \tag{3.5}$$

де $t_{1/2}$ – тривалість коагулювання, впродовж якої кількість частинок в одиниці об'єму рідини зменшується вдвічі; τ – тривалість коагулювання; Ψ – коефіцієнт ефективності зіткнення частинок.

За ламінарного руху потоку рідини зі швидкістю *v* число взаємодій частинок за одиницю часу в одиниці об'єму рідини обчислюється [20] за формулою

$$n_{\text{лам}} = n_1 n_2 graGv(d_1 + d_2)^3/6, \tag{3.6}$$

а за турбулентного руху

$$n_{\text{турб}}=5n_1 n_2 R^2\sqrt{u_1^2 + u_2^2}, \tag{3.7}$$

де n_1 и n_2 – число частинок з розмірами d_1 і d_2 відповідно; u_1 і u_2 – середньоквадратичні швидкості двох коагулювальних частинок; G – швидкісний градієнт (G=dv/dz).

У полідисперсних системах коагулювання відбувається швидше, ніж в монодисперсних, так як великі частинки при осадженні захоплюють за собою більш дрібні. Форма частинок також впливає на швидкість коагулювання. Наприклад, подовжені частинки коагулюють швидше, ніж кулясті. Агломерати частинок, неоднорідних за розміром, міцніші, ніж агломерати однорідних.

Коагулювання колоїдів викликається не тільки електролітами, але і взаємодією протилежно заряджених колоїдів. Необхідною умовою взаємного коагулювання є рівність протилежних зарядів частинок золів. При недотриманні цієї умови коагулювання протікає або неповно, або зовсім не наступає, незалежно від кількості доданого коагулювального колоїду. Взаємне коагулювання колоїдів може протікати лише у вузькій зоні співвідношення їх концентрацій [10,11].

Процес коагулювання залежить від сольового складу води, від її аніонного складу, оскільки $Al(OH)_3$ і $Fe(OH)_3$ заряджені позитивно і коагулювальними іонами для них є аніони. Найпоширенішими аніонами вод є SO_2^{-4}, Cl^- і HCO^{-3}. Концентрація цих аніонів, за якої досягається максимальна швидкість коагулювання $Al(OH)_3$ і $Fe(OH)_3$, становить: для SO_2^{-4} – 0,001 – 0,002 н., для Cl^- – 0,07 н. і для HCO^{-3} – 0,005 н (табл. 3.2).

Для прискорення процесу утворення пластівців під час очищення стічних вод використовують різноманітні флокулянти, природні органічні (крохмаль, декстрин, альгінат натрію) і неорганічні речовини (активована кремнієва

Національний університет водного господарства та природокористування

кислота).

Флокуляція - це процес агрегації завислих частинок при додаванні в рідину високомолекулярних сполук, які називаються флокулянтами. Механізм дії флокулянтів заснований на адсорбції їх молекул на поверхні колоїдних частинок; утворенні полімерних «містків» між макромолекулами флокулянту, сорбованих на сусідніх частинках; утворенні сітчастої тривимірної структури молекул флокулянту; злипанні колоїдних частинок під дією сил Ван-дер-Ваальса.

Зазвичай флокулянти застосовують в доповнення до мінеральних коагулянтів з метою прискорення процесу пластівцеутворення гідроксидів алюмінію і заліза, зміцнення пластівців, збільшення швидкості їх осадження, підвищення якості очищеної води. Використання флокулянтів дозволяє знизити дози коагулянтів, підвищує щільність і міцність утворених агрегатів, стабілізує роботу очисних споруд, підвищує їх продуктивність. У ряді випадків флокулянти застосовують замість коагулянтів, оскільки флокулянти також викликають агрегацію колоїдних домішок, тільки за іншим механізмом.

Для очищення стічних вод використовують природні і синтетичні флокулянти [20]. До природних флокулянта відносяться крохмаль, декстрин, ефіри, целюлози та ін.. Найбільш поширеним неорганічним флокулянтом є діоксид кремнію ($xSiO_2 \times yH_2O$). Із синтетичних органічних флокулянтів найбільшого застосування набув поліакриламід - технічний (ПАА) і гідролізований (ГПАА). Оптимальна доза ПАА для очищення промислових стічних вод коливається в межах 0,4-1 г/м^3.

Тип флокулянту та його дозу вибирають із урахуванням фізико-хімічного складу стічних вод, як правило, експериментальним шляхом [1].

Таблиця 3.2

Густина розчинів коагулянтів

Коагулянт	Температура розчинів, С^o	Концентрація розчину, мас %					
		1	2	4	6	8	10
		Густина розчину, кг/м^3					
$Al_2(S0_4)_3$	19,0	1009	1019	1040	1060	1088	1105
$FeCl_3$	17,5	1007	1015	1032	1049	1067	1085
$Fe_2(SO_4)_3$	17,5	1007	1016	1033	1050	1067	1084
$FeSO_4$	18,0	1008	1018	1037	1057	1078	1100

3.2. Установки нейтралізації і реагентної обробки стоків

Для нейтралізації кислот застосовують їдкий натр, їдкий калій, вапно, вапняк, доломіт, мармур, крейду, соду, відходи лугів і т.п. Найбільш дешевим і доступним реагентом є гідроокис кальцію (гашене вапно). Для нейтралізації лужних стоків застосовують сірчану, соляну, азотну, фосфорну й іншу кислоти, найбільш широке застосування знаходить сірчана кислота [12].

Дозу реагентів для обробки стічних вод визначають з розрахунку, що відбудеться повна нейтралізація кислот, які містяться в них, або лугів, а також

Національний університет водного господарства та природокористування

за умови випадання в осад сполук важких металів. Надлишок реагенту приймають рівним 10% розрахункової кількості; при цьому враховують взаємну нейтралізацію кислот і лугів, що знаходяться в стічних водах, а також лужний резерв побутових стічних вод або водойм.

Розрізняють три способи нейтралізації кислотомістких вод [7]:

- фільтраційний, при якому стічну воду, що містить азотну або соляну кислоти, фільтрують через зернистий нейтралізуючий матеріал;
- водно-реагентний (найбільш розповсюджений, рис. 3.3, 3.4), при якому в стічну воду додають реагент у вигляді розчину або сухої речовини (вапно, соду або шлак), нейтралізуючим розчином може бути і стічна вода, що містить луг;
- напівсухий, при якому висококонцентровані за кислотністю стічні води змішують із сухим реагентом (вапном, шлаком), у таких пропорціях, що, минаючи рідку фазу, утворюється тістоподібна маса.

Кількість лужних реагентів для осадження катіонів металів визначають за рівнянням відповідної реакції.

Для виділення осаду застосовують відстійники, розраховані на перебування в них стічної води впродовж 2 год. Осади, виділені у відстійниках, зневоднюють на шламових майданчиках, барабанних вакуум-фільтрах або на фільтр-пресах.

Робочі розчини агресивних реагентів готують в ємностях з антикорозійним захистом. Усі резервуари, трубопроводи, насоси, лотки й інше устаткування, що стикається з кислотами і з кислою стічною водою, виконують з кислототривкого матеріалу або захищають відповідною ізоляцією [14,15].

При проектуванні нейтралізаційних і реагентних установок необхідно передбачати механізацію вантажно-розвантажувальних робіт і захист приміщень від запилення реагентів.

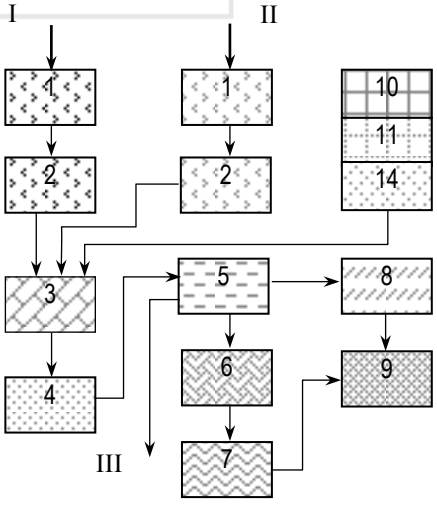


Рис. 3.3. Принципова технологічна схема водно-реагентної нейтралізації стічних вод:
I – кислі стічні води: II – лужні стічні води; III – нейтралізовані стоки; 1 – піскоуловлювач; 2 – усереднювачі; 3 – змішувач; 4 – контактний резервуар; 5 – відстійник; 6 – ущільнювач осаду; 7 – механічне зневоднювання осаду; 8 –шламові майданчики для зневоднювання осаду (при відсутності механічного зневоднювання); 9 – нагромаджувач зневодненого осаду; 10 – склад реагентів; 11 – готування розчину реагенту; 12 – дозаторна реагенту

Фільтри-нейтралізатори є безперервно діючими спорудами. Їх завантажують твердими кусковими матеріалами – крейдою, вапняком, мармуром, доломітом і ін. Фільтри застосовують головним чином для нейтралізації стічних вод, що містять соляну й азотну кислоти, а також сірчану

Національний університет водного господарства та природокористування

кислоту в малих концентраціях (до 5 мг/л) і при відсутності у воді солей важких металів [7].

При великих концентраціях сірчаної кислоти сульфат кальцію, що утворюється в кількості, яка перевищує його розчинність (2 г/л), виділяється на поверхні нейтралізуючого фільтруючого шару і знижує ефективність процесу. Для нейтралізації сірчаної кислоти можна застосовувати зернистий шар з карбонату магнію. У процесі роботи фільтра крупність зернистого шару зменшується внаслідок часткового розчинення матеріалу в нейтралізованому розчині. Висоту зернистого шару фільтра при нейтралізації стічних вод, що містять азотну і соляну кислоти, приймають 1 – 1,5м. Для стічних вод, що містять сірчану кислоту – 1,5 – 2 м.

Воду можна фільтрувати зверху вниз або знизу вверх. Швидкість фільтрування води залежить від концентрації кислоти в стічній воді. Чим вище концентрація кислоти, тим менше повинна бути швидкість фільтрування води.

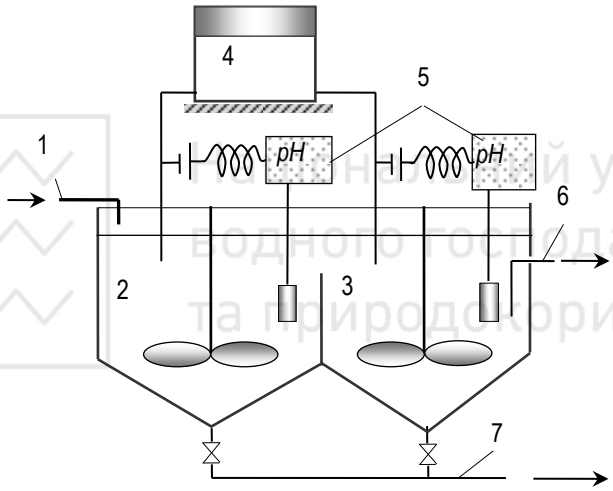


Рис. 3.4. Камера нейтралізації з двоступінчатим уведенням реагентів [15]:
1 – подавання стічних вод з усереднювача; 2,3 – відділення камери нейтралізації; 4 – бак із розчином нейтралізуючого реагенту; 5 – *pH*-метри; 6 – подавання стічних вод для прояснення; 7 – видалення осаду

Для фільтрування через вапняк стічних вод, що містять азотну і соляну кислоти, швидкість фільтрування приймають 0,5 – 1 м/год. Швидкість фільтрування води через доломіт із середньою крупністю часток 4 – 6 см при концентрації сірчаної кислоти до 0,5 % приймають 0,6 – 0,9 м/год; при концентрації до 2% швидкість фільтрування повинна бути зменшена до 0,35 м/год (табл..3.3).

Максимальне значення швидкості фільтрування при концентраціях кислоти 0,2% – не більше 5 м/год при тривалості контакту води з фільтруючим шаром не менше 10 хв. Нейтралізуюча здатність завантаження може підтримуватися промивним потоком води знизу вверх. Витрата води на

Національний університет водного господарства та природокористування

промивку сягає 30% продуктивності установки.

До складу споруд з фільтрами – нейтралізаторами повинні входити усереднювачі стічних вод, установки для дроблення і класифікації завантаження, механізми для довантаження фільтрів, насосні установки для промивки фільтрів, відстійники для осадження завислих речовин із промивних вод.

Для отримання вапняного молока використовують вапно (бажано без інертних добавок). Доцільно куски вапна подрібнювати до часток розмірами 5 –10 мкм (всього 60 – 70%) і 10 –100 мкм (30 – 40%).

Таблиця 3.3

Теоретична кількість лужного реагенту, необхідна для нейтралізації кислоти

Реагент	Кількість реагенту, г, при нейтралізації 1 г кислоти					
	H_2SO_4	HCl	HNO_3	H_2PO_4	CH_3COOH	HF
Активний окис кальцію CaO	0,57	0,77	0,41	0,86	0,47	1,40
Гідроокис кальцію (вапно гашена) $Ca(OH)_2$	0,75	1,01	0,59	1,13	0,62	1,85
Їдкий натр NaOH	0,82	1,09	0,61	1,22	0,67	2,00
Карбонат кальцію (вапняк, крейда, мармур) $CaCO_3$	1,02	1,37	0,80	1,53	0,83	2,50
Карбонат магнію (магнезит) $MgCO_3$	0,86	1,15	0,67	1,21	0,70	2,10
Карбонат натрію (кальцинована сода) Na_2CO_3	1,09	1,45	0,84	1,62	0.89	2,63

Вапно транспортують і зберігають в умовах, що виключають його зволоження і засмічування. Термін зберігання повітряного негашеного вапна порошкоподібних видів у паперових мішках з моменту його виготовлення не повинний перевищувати 15 діб. Термін зберігання негашеного вапна в герметичній тарі не обмежується.

Продукти переробки негашеного вапна, а також гашеного гідратного вапна (пушонки) класифікують у такий спосіб:

- вапняне тісто, що містить 40 – 60% гідроокису кальцію і магнію при співвідношенні негашене вапно : вода, рівному 1: (1:1,4) за масою;
- вапняний шлам (концентроване вапняне молоко), що містить 20 – 35% твердої речовини. Шлам одержують при гашенні 1 ч товарного вапна і 2 ч води за масою;
- вапняне молоко, що включає 1 – 20% вапна, одержуване при співвідношенні вапно: вода, рівному (1:3) – (1:4,5). Вапняне молоко готують переважно з негашеного вапна, рідше з гашеного вапна (рис.3.5).

На каналізаційних очисних станціях для нейтралізації стічних вод використовують вапняне молоко з 5%-им вмістом вапна, в окремих випадках доставляють приготовлене в централізованому порядку вапняне тісто, або 30%-ий (за твердою речовиною) вапняний шлам, що потім доводять до 5%-ої

Національний університет водного господарства та природокористування

концентрації за *CaO*.

При використанні кускового вапна 70%-ної активності, для приготування вапняного молока 5%-ної концентрації на 1 т товарного вапна потрібно 13 – 14 $м^3$ води з температурою не меншою від 25°С. До використання молоко витримують не менш 12 год, безперервно перемішуючи гідравлічним або механічним способом. Пневматичне перемішування не рекомендується, оскільки воно знижує кількість активної *CaO*.

Дозування вапняного молока здійснюють за допомогою автоматичних бункерних дозаторів або насосів-дозаторів [18,24].

Напівсухий метод нейтралізації застосовують головним чином для відпрацьованих травильних розчинів з великою концентрацією кислоти і різних сполук чорних і кольорових металів.

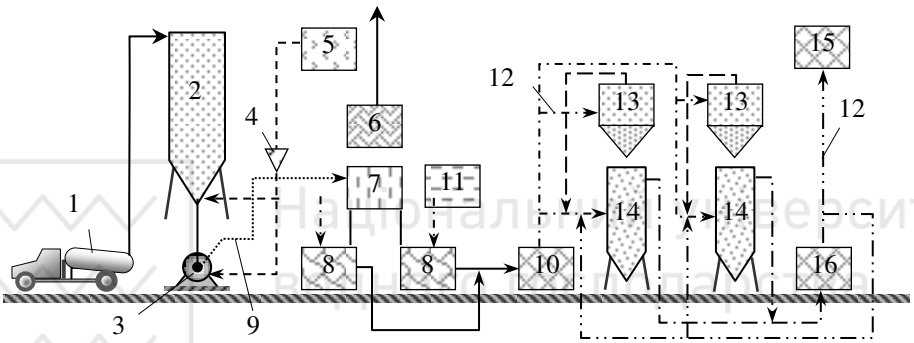


Рис. 3.5. Технологічна схема установки для приготування 5%-го вапняного молока з меленого негашеного вапна:

1 – автоцементовоз; 2 – автоматизований склад вапна; 3 – камерний насос; 4 – повітря; 5 – компресор; 6 – фільтр для очищення повітря; 7 – видатковий бункер вапна; 8 – апарати з пристроєм для перемішування; 9 – вапно; 10 – насос для перекачування концентрованого вапняного молока; 11 – вода; 12 – вапняне молоко; 13 – гідроциклони; 14 – гідравлічні мішалки; 15 – бункерні автоматичні дозатори вапняного молока; 16 – насос для вапняного молока

Найбільшого поширення для нейтралізації лужних вод набула технічна сірчана кислота – контактна (поліпшена і технічна), олеум, баштова, регенерована.

Потрапляння сірчаної кислоти на шкіру або в організм людини може викликати сильні опіки і є досить небезпечним. Кислота виділяє сірчистий ангідрид SO_2, що також небезпечний для людини, тому при проектуванні установок, у яких застосовують сірчану кислоту, особливу увагу варто звернути на заходи з техніки безпеки.

Установки для коагулювання і біогенного підживлення включають комплекс споруд, до складу яких входить устаткування і ємності для розвантаження реагентів, їхнього складування, приготування реагенту, дозування і введення його в оброблюване середовище.

Коли в стічній воді, що підлягає біохімічній очистці, вміст біогенних елементів нижче норм, передбачають біогенне підживлення таких стоків. Для

Національний університет водного господарства та природокористування

біогенного підживлення використовують різні фосфор- і азотмісткі реагенти.

При коагулюванні стічних вод часто застосовують неочищений сірчанокислий алюміній (табл. 3.2). Для очищення стічних вод використовують і інші коагулянти, а також промислові відходи, що містять солі алюмінію. Сірчанокислий алюміній вводять у вихідну воду у вигляді розчину або суспензії. Сухий коагулянт, що доставляється з видаткового або базисного складу, розвантажують у розчинні баки і розчиняють у воді при інтенсивному перемішуванні повітрям (8 – 10 л/(с·м^2)) або, рідше, мішалкою.

Коагулянт у розчинних баках приймається 10 – 17%-ної концентрації в перерахуванні на безводний $Al_2(SO_4)_3$. Для установок з витратою до 5 т/добу коагулянту за товарним продуктом місткість робочих розчинних баків розраховують на добову його витрату. Кількість розчинних баків повинна бути не менш двох.

Баки-сховища розраховують на зберігання не менше 15-добової витрати розчину коагулянту 10 – 17%-ної концентрації. Коагулянт подають з розчинних баків, у яких його доводять до 4 – 10%-ний концентрації, у перерахуванні на безводний $A1_2(SO_4)_3$.

Розчин сірчанокислого алюмінію є агресивним, тому елементи баків, що стикаються з розчином, насоси і труби, по яких його перекачують, повинні бути в кислототривкому виконанні.

Дрібний і порошкоподібний сірчанокислий алюміній може подразнювати верхні дихальні шляхи людини. Гранично припустима концентрація пилу сірчанокислого алюмінію в повітрі робочої зони виробничих приміщень у перерахуванні на Al_2O_3 складає 2 мг/м^3.

При механічному зневоднюванні осадів і при фізико-хімічному очищенні стічних вод в якості коагулянту застосовують залізо хлорне технічне $FeCl_3$ і окисне сірчанокисле $Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$.

Частіше застосовують залізо хлорне технічне. Його поставляють у сталевих герметичних барабанах місткістю 100 л з насипною об'ємною масою, рівною 1,5 т/м^3. У цих же барабанах його зберігають до розчинення. Розчинність коагулянту у воді висока: при температурі 10°С – 818; 40°С – 1120 кг/м^3.

Хлорне залізо доступніше і дешевше ніж інші коагулянти. Недоліками є його токсичність і висока агресивність розчину. Хлорне залізо подразнює слизисті оболонки органів дихання і зору. Крім того, при розчиненні хлорного заліза у воді в результаті гідролізу виділяється хлористий водень.

Сірчанокисле окисне залізо постачають у вигляді порошку (або в рідкому стані) з насипною об'ємному масою 1,5 т/м^3 у паперових мішках, у яких зберігають до розчинення. В окремих випадках цей коагулянт постачають у вигляді розчину і використовують у вигляді розчину 3 – 5%-ної концентрації. Розчинність його у воді висока – до 58% за масою при температурі 20°С .

Як біогенні добавки найбільш часто застосовують суперфосфат – P_2O_5, ортофосфорну кислоту – H_3PO_4 , сульфат амонію – $(NH_4)_2SO_4$, селітру аміачну – NH_4NO_3, аміак водний – NH_4OH, діамонійфосфат – $(NH_4)_2HPO_4$

Для змішування стічних вод з реагентами застосовують змішувачі трьох

Національний університет водного господарства та природокористування

типів: йоржеві – при витраті стічних вод до 400 л/с, типу лотка Паршаля і з пневматичним або механічним перемішуванням – для великих витрат. Для змішування стічних вод різних видів, як правило, використовують змішувачі з пневматичним або механічним перемішуванням.

При проектуванні установок для підживлення стічних вод біогенними елементами керуються відповідними санітарними правилами по зберіганню, транспортуванню і застосуванню хімічних реагентів.

3.3. Озонаторні установки

3.3.1. Приготування та використання озону

Озон (O_3) є алотропною видозміною кисню з молекулярною масою 48. Окислювально-відновний потенціал озону вище, ніж у кисню і хлору, унаслідок чого він має більш високу бактерицидну й окисну дію [17,27].

Озонування стічних вод знаходить усе більше застосування на очисних каналізаційних спорудах, де поряд зі знезаражуванням води необхідно усувати зі стічних вод СПАР, органічні розчинники і барвники, феноли і нафтопродукти, ціаніди, сульфіди, роданіди, іони важких металів і інші хімічні речовини [16,25]

Озонаторні установки для стічних вод складаються з наступних основних елементів: озонаторів для синтезу озону, устаткування для підготовки і транспортування повітря, пристроїв електроживлення, камер контакту озону з оброблюваною водою, устаткування для утилізації залишкового озону у відпрацьованій газовій суміші. У залежності від продуктивності озонаторних установок і місця введення озону блоки озонаторної установки можуть компонуватися в одному або декількох приміщеннях.

Сировиною для одержання озону є атмосферне повітря. Середня розрахункова витрата повітря для одержання 1 кг озону складає 50 – 60 м^3 [22,26]. Забір повітря здійснюють з незабрудненої зони. Повітрозабір повинен знаходитися не менше ніж на 4 м вище верха даху будівлі, де розташована озонаторна. Подача повітря в озонатори здійснюється повітродувками або вентиляторами, що виключають забруднення його мастилами.

Повітря очищають від механічних домішок і осушують до залишкової вологості 0,05 г/м^3, що відповідає точці роси – 48°С. Для цієї мети застосовують адсорбційні установки. В озонаторних установках загальною продуктивністю за озоном більше 6 кг/год, приймають двоступінчасту схему сушіння повітря. На першому ступені видаляють вологу, штучно охолоджуючи повітря до температури +7°С за допомогою холодильної установки, на другому – осушують в адсорберах з алюмогелевим або силікогелевим завантаженням до вологості 0,05 г/м^3.

Промисловий спосіб одержання озону O_3 заснований на частковому розщепленні молекул кисню повітря на атоми під дією електричного розряду з наступним приєднанням їх до нерозщеплених молекул кисню [11,17]. Синтез озону відбувається в електричних генераторах-озонаторах (рис. 3.6). Озоноповітряні суміші з концентрацією озону 10 – 20 г/м^3 практично

Національний університет водного господарства та природокористування

вибухобезпечні.

Озон токсичний. Гранично припустима концентрація озону в робочих приміщеннях складає 0,1 мг/м^3.

Стіни приміщення озонаторної установки будують з негорючих будівельних матеріалів. Стіни і стелю захищають від корозії нанесенням триразового шару озоностійких фарб.

У виробничій озонаторній установці варто передбачувати 10 – 20% резервних озонаторів. Споживання електроенергії озонаторної установкою складає 30 – 40 квт·год на 1 кг озону.

При використанні для одержання озону технічного кисню продуктивність озонаторів підвищується приблизно в 2 рази при одночасному зниженні в 2 рази питомих витрат електроенергії.

Оскільки озон здатний розкладатися (6% за 4 – 6 хв у трубопроводах з нержавіючої сталі), транспортувати озоноповітряну суміш від озонаторів до місця подачі слід найкоротшим шляхом. Швидкість руху озоноповітряної суміші в трубопроводі приймають 8 – 12 м/с. Реакція хімічної взаємодії різних речовин з озоном протікає з різною швидкістю. Умовно за ступенем озоностійкості забруднення можна поділити на три групи (табл. 3.4.).

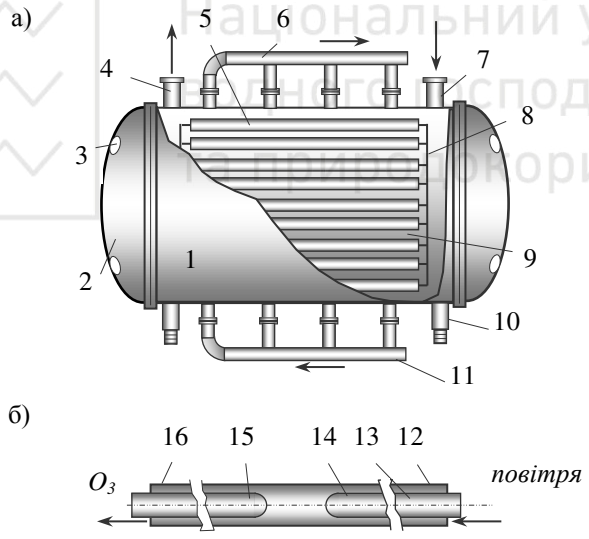


Рис. 3.6. Принципова схема озонатора трубчастого типу великої продуктивності:
а – схема озонатора; б – схема трубчастого розрядного елемента; 1 – корпус; 2 – кришка; 3 – оглядові вікна; 4 – вихід озоноповітряної суміші; 5 – трубчастий елемент; 6 – відвід охолоджувальної води; 7 – підведення осушеного повітря; 8 – електричні контакти; 9 – розділова стінка корпуса; 10 – підведення електроенергії; 11 – підведення охолоджувальної води; 12 – пристрій концентрування; 13 – електричний контакт; 14 – високовольтний електрод – металізований шар на внутрішній стінці скляної трубки; 15 – діелектрик – скляна трубка; 16 – низьковольтний електрод – металева трубка

Обробку стічної води озоном проводять у спеціальних камерах контакту, де забезпечується інтенсивне перемішування води (барботаж, механічне

Національний університет водного господарства та природокористування

перемішування, водоструминні насоси й ежектори) [27]. Барботажні камери в залежності від витрати оброблюваної води і необхідної тривалості озонування виконують у вигляді колон або прямокутних критих резервуарів (одного або декількох). Оптимальна висота шару води при барботажі складає 4 – 5 м.

Таблиця 3.4

Ступінь озоностійкості деяких компонентів води

Ступінь озоностійкості окислюваних компонентів води		
Перша група (легко взаємодіюча)	Друга група (помірно взаємодіюча)	Третя група (важко взаємодіюча)
Найбільш характерні представники даної групи		
Гумінові кислоти, двовалентне залізо, патогенні бактерії й основна частина вірусів, одноатомні феноли	Колоїдно-диспергованні фульвокнслоти, деякі види вірусів, фенол	Дійсні розчини фульвокисло-ти, нафтопродукти, спорові форми бактерій. велика частина СПАР, пестициди

Озоноповітряну суміш у масі води розподіляють за допомогою фільтросних труб, розташовуваних біля дна резервуара. Розподіл озоноповітряної суміші в секціях у залежності від озоностійкості окислюваних компонентів і озонопоглинання води складає 50 – 70% у першій за ходом води і за 15 – 25% -у наступних секціях.

Непрореагований озон, що накопичується між поверхнею води і перекриттям резервуарів, відсмоктують вентилятором для подачі в спеціальні рекуперацйні турбіни на повторне використання, потім скидають в атмосферу через витяжну трубу, розбавивши атмосферним повітрям, або через пристрої для каталітичного розкладання озону. Витрати електроенергії на розчинення 1 кг озону даним способом складають 35 – 38 квт·год. При можливості непрореагований озон використовують на спорудах біологічного очищення.

3.3.2. Очищення стічних вод озоном

Ціаністі сполуки присутні в стічних водах підприємств машинобудівної, приладобудівної, металургійної, хімічної й іншої галузей промисловості [7,16].

Застосування озону для руйнування ціанідів у лужному середовищі приводить до утворення спочатку менш токсичних ціанатів, що потім з меншою швидкістю окисляються озоном до CO_2 і H_2O:

$$CN^- + O_3 \rightarrow CNO^- + O_2 \uparrow \qquad (3.8)$$

$$2CNO^- + H_2O + 3O_3 \rightarrow 2HCO_3^- + 3O_2 \uparrow + N_2 \uparrow . \qquad (3.9)$$

Витрата озону на 1 мг ціанідів-іонів відповідає стехіометричному відношенню (за масою) реакції 1:1,84 і практично складає 2 – 2,1 мг/л.

Найбільш сприятлива для протікання процесу окислювання область pH=9 – 12. У цих межах вплив активного середовища на окислювання ціанідів незначне. Оскільки підвищення лужності викликає швидкий розпад озону, що каталізується OH-іонами (особливо проявляється при досить малих концентраціях ціанідів), процес проводять при pH= 10 – 11.

Національний університет водного господарства та природокористування

При озонуванні спочатку окисляються прості ціаніди, потім комплексні (зв'язані з металами). Комплексні ціаніди виявляють різну активність при окислюванні озоном. Найкраще реагують з останнім ціаніди міді і нікелю, оскільки їхні іони каталізують реакцію. Швидкості окислювання комплексних ціанідів срібла і кадмію приблизно такі ж, як і простих ціанідів. Трохи гірше взаємодіє з озоном ціанід цинку. Розпад дуже стійких комплексів заліза або золота в звичайних умовах протікає незначно.

Метод очищення озоном ціанмістких стічних вод має ряд переваг у порівнянні з іншими методами: легкість контролю; можливість повної автоматизації процесу; оброблювана вода не забруднюється продуктами відновлення окислювача і сторонніми домішками. При окислюванні ціанідів активним хлором можливе утворення сильно отруйного хлорціана.

Параметри колон для окислювання ціанідів: інтенсивність аерації 25 $м^3$/год озонованого повітря на 1 $м^2$ площі перетину; висота шару води в колоні 2,5 – 3 м.

Озонування води, забрудненої нафтопродуктами, сприяє поліпшенню органолептичних її властивостей, тому що при цьому вода знебарвлюється, руйнується нафтова плівка на її поверхні, зникає специфічний запах нафтопродуктів; концентрація нафтовуглеводнів знижується до 2 – 3 мг/л, а вміст розчиненого кисню підвищується до 8 – 10 мг/л, що дозволяє використовувати її повторно або скинути у водойму без додаткового очищення (табл..3.5). Після озонування в ряді випадків немає необхідності в біохімічному очищенні і доочищенні води. Нафтомісткі стічні води проходять попереднє фізико-хімічне очищення. При розчиненні вільного озону озонування проводять на двох ступенях. Вода при цьому попередньо фільтрується, що дозволяє знизити вміст у ній завислих речовин і розчинених нафтовуглеводнів. Фільтри застосовують як напірні, так і безнапірні.

Таблиця 3.5

Результати очищення нафтомістких вод озоном

Вид забруднення	Концентрація, мг/л			
	Після флотації	Після фільтрування	Після першої ступені озонування	Після другої ступені озонування
Розчинені нафтовуглеводи	20 – 25	12 – 15	6 – 8	2 – 3
$БПК_{повн}$	300	250	8 – 10	3 – 4
Розчинений кисень	0	0	1 – 2	8 – 10

Склад споруд на кожному ступені озонування: фільтри, контактні резервуари, резервуар для виділення озону. Фільтруючий шар фільтрів першого ступеня – кварцовий пісок, другого – сульфовугілля. Розрахункова доза озону 2 – 4 мг на 1 мг нафтовуглеводів.

Контакт озоноповітряної суміші з оброблюваною водою здійснюється в пристроях різного типу [24,27]:

Національний університет водного господарства та природокористування

- закритих барботажних колонах, у нижню частину яких вводять озоноповітряну суміш через пористі матеріали (плити, труби, склянки, фільтроси) і у вигляді пухирців пропускають через стовп води;
- багатокамерних закритих резервуарах, у яких озоноповітряна суміш вводиться як і в барботажні колони, а непрореагований озон газовими турбінами направляється в головні камери;
- напірних резервуарах, коли озоноповітряна суміш вводиться через ежектор у трубопровід стічних вод перед резервуаром. Контакт здійснюється під тиском 0,2 МПа при сумісному русі водогазової суміші по висхідній спіралі;
- закритих резервуарах із протиточним рухом оброблюваної води й озонованого повітря (проходження струменя води по надводному простору, заповненому озоноповітряною сумішшю (рис. 3.7, 3.8).

Тривалість контакту на кожному ступені озонування в пристроях усіх типів 20 – 30 хв. Висота шару води 5 – 6 м. Найкраще використання озону досягається в напірних резервуарах і в резервуарах із протиточним рухом води й озоноповітряної суміші (98 – 100%).

Феноли і їхні похідні зустрічаються в стічних водах підприємств різних галузей промисловості. Застосовуваний на практиці метод окислювання фенолів активним хлором має ряд недоліків, до числа яких відноситься утворення хлор-фенольних сполук, що додають воді специфічних присмаків.

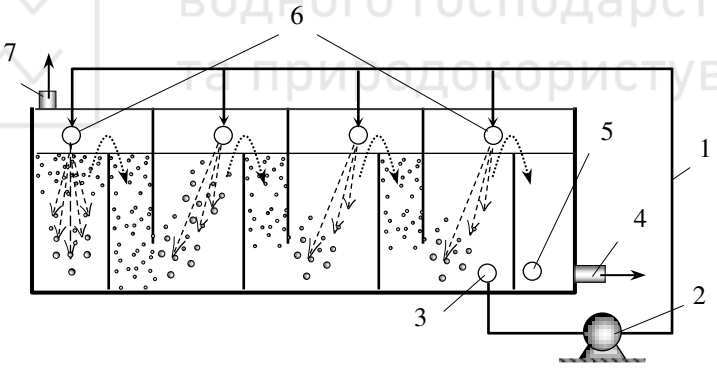


Рис. 3.7. Контактний резервуар з рециркуляцією стічних вод:
1 – трубопровід для подачі циркулюючих стічних вод: 2 – циркуляційний насос: 3 – усмоктувальний трубопровід циркулюючих стічних вод; 4 – трубопровід для відводу очищених стічних вод; 5 – трубопровід для подачі озоноповітряної суміші;6 – трубопровід для подачі стічних вод на очищення; 7 – трубопровід для відводу невикористаного озону

При окислюванні в нейтральному і лужному середовищі утворюються альдегіди, щавлева й інші декарбонові кислоти, гідроперекис. Кінцевими продуктами окислювання фенолів є вуглекислий газ і вода. Процес окислювання фенолів залежить від реакції середовища. При окислюванні фенолів оптимальним є pH = 11,5 – 12. На окислювання 1 мг фенолу в цих умовах потрібно в середньому 1,5 – 2 мг озону. Тривалість контакту озону з

Національний університет водного господарства та природокористування

водою повинна складати не менш 10 –15 хв. Ефективна дія озону на фенольні сполуки робить досить перспективним його застосування для очищення фенолмістких стічних вод. Як апарати для окислювання фенолів озоном можуть бути використані реактори різного типу, включаючи напірні трубопроводи [7,24].

Стічні води різних підприємств можуть містити не тільки феноли, але й інші домішки, що також окисляються озоном, тому технологічну схему очищення таких вод від фенолів і витрату озону визначають у кожному конкретному випадку експериментально. Витрата озону на окислювання 1 мг фенолу в стічних водах різного складу коливається від 1,5 до 10 мг. Витрата озону на знешкодження стічних вод коксохімічних заводів типового складу досягає 1,5 – 2 г/л, при цьому в залежності від вихідного складу стічних вод залишковий вміст у них фенолів складає 0,1 – 1 мг/л.

Тетраетилсвинець міститься в стічних водах установок для виробництва етилованого бензину, у стічних водах нафтопереробних заводів, автогосподарств, що споживають етилований бензин, а також у воді від виробництва тетраетилсвинцю.

Очищення стічних вод від тетраетилсвинцю методом окиснення озоном на силікагелі включає попереднє механічне очищення води, наступну її подачу в протиточну контактну колону, заповнену силікагелем і кільцями Рашига (сприяє рівномірному розподілу озоноповітряної суміші), і фільтрування води через тканину «Бельтинг» для затримки окислів свинцю у випадку їхнього виносу водою. Озоноповітряна суміш подається в колону від озонаторної установки. Очищена стічна вода після фільтра відводиться у водойму або міську каналізацію. Відпрацьована озоноповітряна суміш проходить звичайну дегазацію і скидається в атмосферу.

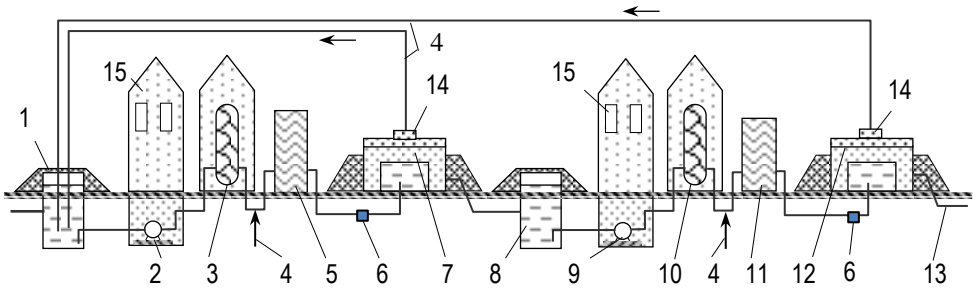


Рис. 3.8. Схема руху стічних вод по озонаторній установці:
1 – прийомний резервуар після флотації; 2 – насос для подачі стічних вод на фільтри першого ступеня; 3 – фільтри першого ступеня; 4 – трубопровід озоноповітряної суміші; 5 – контактні резервуари першого ступеня; 6 – діафрагма; 7 – резервуар виділення озону після першого ступеня озонування; 8 – прийомний резервуар після першого ступеня озонування; 9 – насос для подачі стічних вод на фільтри другого ступеня; 10 – фільтри другого ступеня; 11 – контактні резервуари другого ступеня; 12 – резервуар виділення озону після другого ступеня озонування; 13 – випуск у водойму або в систему промводопостачання; 14 – газодувка; 15 – насосна станція

Національний університет водного господарства та природокористування

Основні розрахункові параметри установки: висота контактної колони 2,5 м; навантаження тетраетилсвинцю на силікагель (H) не повинне перевищувати відповідно 0,5 мг/(год·г); ступінь використання озону приблизно 80%: питома витрата озону, мг на 1 мг тетраетилсвинцю, необхідна для його повного окислювання, визначається за емпіричною формулою:

$$n = 0{,}31/\sqrt{H} \tag{3.10}$$

Тривалість використання силікагелю визначається тривалістю утворення з нього суцільної малопористої маси, що створює великий опір рухові води й озоноповітряної суміші. Тривалість циклу експлуатації силікагелю в колоні можна прийняти рівною 1400 год. Швидкість фільтрування води через тканину складає 6 – 8 м/год.

Очищені стічні води не містять органічних або неорганічних сполук свинцю. При окислюванні не утворюється осад, що вимагає спеціальної обробки і складної системи видалення. Продукти окислювання тетраетилсвинцю (окисли свинцю), осідаючи на силікагелі, є каталізатором реакції. При вмісті тетраетилсвинцю в стічній воді не більше 4 мг/л він цілком вилучається, при вмісті 100 мг/л ефект очищення складає 99,5%.

Очищення стічних вод від тетраетилсвинцю окислюванням озоном на силікагелі, як правило, економніше методу екстрагування тетраетилсвинцю авіаційним бензином.

3.3.3. Знезаражування стічних вод озоном

Озонування має універсальну дію: знезаражування протікає комплексно з загальним поліпшенням фізико-хімічних і органолептичних показників очищених стічних вод [7,13]. Знезаражування озоном очищених стічних вод доцільно передбачати після доочищення на мікрофільтрах або фільтрах, а також після фізико-хімічної очищення за умови вмісту в них завислих речовин не більше 3 – 5 мг/л і $БПК_{повн}$<10 мг/л. У цьому випадку для попередніх розрахунків дози озону приймають 6 – 10 мг/л при тривалості контакту 8 – 10 хв, для знезаражування спорових форм бактерій – 15 – 20 хв (при барботажному способі введення озону).

З підвищенням вмісту завислих речовин підвищуються необхідні дози озону. Після біологічного очищення при $БПК_{повн} \geq 15$ мг/л і вмісті завислих речовин 10 – 12 мг/л необхідна доза озону зростає до 15 – 30 мг/л, тривалість контакту – до 0,3 – 0,5 год, що впливає на техніко-економічні показники процесу.

Розподіляти озоноповітряну суміш по секціях контактних барботажних резервуарів варто таким чином, щоб близько 50% зазначеної тривалості контакту рівень вмісту озону у воді в контактній камері був не меншим 0,5 мг/л.

Озонування для знезаражування доцільно застосовувати:

– при неприпустимо високому вмісті залишкового хлору в очищених стічних водах і необхідності дехлорування;

Національний університет водного господарства та природокористування

- при наявності в стічній рідині компонентів, що утворюють при обробці хлором речовини більш токсичні, ніж вихідні, або посилюють кольоровість і запах води;
- при наявності в стічній рідині патогенних вірусів і спорових форм бактерій;
- при комплексному застосуванні озону для знезаражування стоків і усунення шкідливих речовин, що іншими способами усунути неможливо або економічно недоцільно;
- при неможливості розмістити склади хлору на станції очищення через близькість житлової забудови.

У кожному конкретному випадку ефективність застосування озону для знезаражування та очищених стічних вод і технологічні параметри процесу визначаються за результатами технологічних аналізів. При скиданні знезаражених озоном стічних вод у водойми орієнтовно вміст залишкового озону варто приймати 0,5 мг/л при колі-індексі не більше 1000.

3.4. Установки для хлорування стічних вод

3.4.1. Загальні відомості

Хлорування є хімічним (окисним) способом обробки стічної води, що набуло широкого поширення [9,21]. У технології очищення стічних вод хлорування застосовують для знезаражування очищених стічних вод від патогенних бактерій і вірусів і видалення зі стічних вод фенолів, крезолів, ціанідів і інших речовин, а також для боротьби з біологічними обростаннями споруд.

Для хлорування стічних вод використовується головним чином елементарний хлор. Крім того, застосовуються наступні хлорвміщуючі сполуки: хлорне вапно й інші сипучі хлорвміщуючі продукти, розчини гіпохлориту натрію і кальцію, двоокис хлору.

Гіпохлорит кальцію $Ca(OCl)_2$ – біла кристалічна речовина. Об'ємна насипна маса безводного продукту в залежності від умов сушіння коливається в межах 0,3 – 0,9 т/м^3. Розчинність у воді при температурі 0°С дорівнює 21,8%, при температурі 25°С – 25% (за масою).

Безводний гіпохлорит натрію надзвичайно нестабільна речовина. Найбільш стійкий його гідрат $NaOC1 \cdot 5H_2O$. У зв'язку з цим застосовують водні розчини гіпохлориту натрію. Варто врахувати, що використання гіпохлоритів підвищує загальну мінералізацію оброблюваних стоків.

Двоокис хлору Cl_2 – газ зеленувато-жовтого кольору. При тиску 1000 ГПа і температурі 11°С двоокис хлору скраплюється, при температурі нижче – 59°С – кристалізується. Щільність газоподібної фази при температурі 11°С дорівнює 3,09 г/л, рідкої фази при 5°С – 1,635 г/см^3, твердої при 60°С – 1,979 г/см^3.

Розчинність газоподібного хлору у воді при атмосферному тиску і температурі 10°С складає 9,65 г/л. У вакуумному водохлорному ежекторі при вакуумі до 0,0277 МПа і температурі 10°С розчиняється приблизно 1 г/л, при

Національний університет водного господарства та природокористування

5°С – 2 г/л.

Гідроліз хлору залежить від *pH* води, її температури і інших факторів і протікає відповідно до рівняння

$$Cl_2 + H_2O \leftrightarrow HOCl + 2HCl\,. \qquad (3.11)$$

Хлорноватиста кислота має високий окисний потенціал і є одним з найбільш сильних знезаражуючих речовин. Вона нестійка і розпадається з виділенням гіпохлорит-іону ($OC1^-$), що зумовлює дещо меншу його бактерицидну дію, ніж самої кислоти. Суму *HOC1*, $OC1^-$ і не гідролізованого елементарного Cl_2 прийнято називати активним хлором. На рис. 3.9. показано вплив *pH* на форму активного хлору у воді при відсутності інших забруднень [23,24]. Положення точок на кривій указує співвідношення між *HOC1* і $C1_2$ або між *HOC1* і $OC1^-$.

Вміст активного хлору ($HOCl+OCl+Cl_2$), що утворюється при введенні в стічну воду 1 г хлору елементарного, у залежності від *pH* і температури води з урахуванням утрат хлору в повітря при змішуванні в контактному резервуарі складає 0,7 – 0,75 грам. З рис. 3.9 видно, що хлор доцільно вводити в оброблювану воду при *pH*=5 – 7.

Активний хлор, що утворюється в стічній воді, спочатку вступає в реакцію з азотвміщуючими сполуками, що знаходяться в стічній воді, створюючи монохлорамін NH_2C1 і дихлорамін $NHCl_2$ (зв'язаний активний хлор). Зв'язаний активний хлор менше бактерицидний, діє повільніше в порівнянні з вільним хлором і для досягнення відповідного ефекту вимагає більшої тривалості контакту.

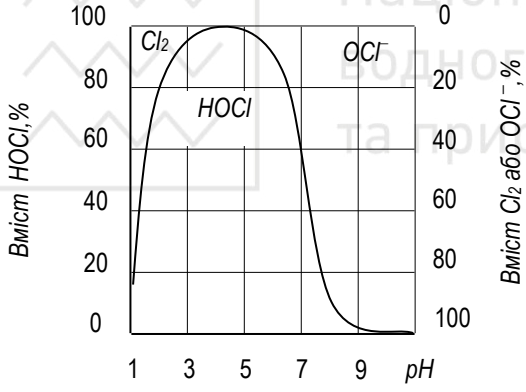


Рис. 3.9. Вплив *pH* на гідроліз хлору у воді

Необхідні дози активного хлору і тривалість контакту його зі стічною водою визначають пробним хлоруванням. Для попередніх розрахунків знезаражування стічних вод приймають наступні дози активного хлору: після механічного очищення – 10 г/м^3; після повного штучного біологічного очищення – 3 г/м^3, після неповного – 5 г/м^3.

Продуктивність установки для хлорування розраховують на прийняту дозу активного хлору з коефіцієнтом 1,5. Тривалість контакту хлору з водою залежить від форми сполук хлору. Для вільного активного хлору тривалість контакту складає 0,5 год, для зв'язаного активного хлору – 1 год. Залишковий хлор після контакту зі стічною водою повинен включати вільний активний хлор – 1 г/м^3, зв'язаний активний хлор – 1,5 г/м^3.

Національний університет водного господарства та природокористування

При необхідності боротьби з ентеровірусами передбачають подвійне хлорування: первинне хлорування після повної біологічного очищення і вторинне після додаткового фільтрування і відстоювання води. Дози активного хлору для первинного хлорування при боротьбі з ентеровірусами приймають 3 – 4 г/м^3 при контакті тривалістю 30 хв, вторинного 1,5 – 2 г/м^3 при контакті 1,5 – 2 год [7,24].

У виробничих стічних водах, для очищення яких застосовують підвищені дози хлору, може міститися більша кількість залишкового хлору (до 10 мг/л). У цьому випадку перед спуском у водойму стічні води необхідно дехлорувати. Для дехлорування можна застосовувати реагенти, зазначені в табл. 3.6.

Вид реагенту вибирають у залежності від продуктивності станцій, масштабів споживання реагенту, його дефіцитності і т.д. Тривалість контакту з реагентом до 10 хв при інтенсивному перемішуванні. При кількості стічних вод до 1000 м^3/добу дехлорувати можна фільтруванням через активоване вугілля.

Запаси хлору, необхідні для обробки стічних вод, зберігають у спеціально обладнаних для цієї мети складах у тарі, призначеній для його перевезення і зберігання. Елементарний хлор доставляють споживачам у рідкому вигляді в балонах, контейнерах і залізничних цистернах.

Таблиця 3.6

Реагенти для дехлорування стічних вод

Вид реагенту	Хімічна формула	Кількість на 1 г хлору, г/г
Сульфіт натрію	$Na_2SO_3 \cdot 7H_2O$	3,5
Сірчистий ангідрид	SO_2	0,9
Кальцинована сода	Na_2CO_3	1,57
Їдкий натр	$NaOH$	1,2
Гідроокис кальцію (активна частина у вапняному молоці)	$2Ca(OH)_2$	1,15

3.4.2. Установки для знезаражування стічних вод хлором

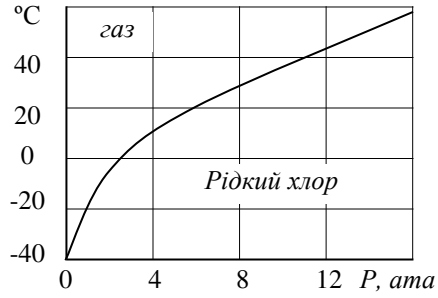
Установки для хлорування стічних вод складаються з наступних елементів: видаткового складу хлору, вузлів випаровування рідкого хлору; дозування газоподібного хлору і утворення хлорної води; насосної станції для підвищення напору води, що подається в ежектор; електрощитової і приміщення КВП; вентиляційних і дегазаційних пристроїв [6,17].

Оскільки введення газоподібного хлору безпосередньо в стічну воду підвищує витрати хлору і порушує безпечні умови обслуговування споруд, стічні води знезаражують хлорною водою. Хлор розчиняється у воді тільки в газоподібному стані, тому рідкий хлор випаровують, перетворюючи його в газ.

Для невеликих установок випаровування хлору здійснюють безпосередньо в тарі, у якій він зберігається; якщо потрібно більше 30 кг/год хлору, застосовують випарники зі штучним підігрівом. Останні поділяються на ємнісні і змієвикові [7,12].

Національний університет водного господарства та природокористування

На випаровування 1 кг рідкого хлору витрачається 0,4 м^3 води при температурі 10°С і 0,15 м^3 води при температурі 30°С. З випарника газоподібний хлор направляється для одержання хлорної води до водохлорного ежектора.



Підвищення тиску в хлоропроводах газоподібного хлору або зниження температури навколишнього середовища призводить до скраплення хлору (рис 3.10.). Довжина трубопроводів газоподібного хлору не повинна перевищувати 1 км.

Рис. 3.10. Діаграма фазового стану хлору в залежності від його температури і тиску

Дозування газоподібного хлору здійснюють вакуумними хлораторами або ваговим способом, а також комбінованим способом, тобто ваговий поєднують з дозуванням хлораторами ручного регулювання.

Таблиця 3.7

Забір газоподібного хлору при температурі 16°С з одиниці площі без штучного підігріву

Тип тари	Площа зовнішньої поверхні тари, м^2	Середній забір хлору з 1 м^2 поверхні, кг/год
Балони місткістю 40 л, установлені вертикально	0,99	0,7
Те ж, установлені похило під кутом 20°	0,99	2
Контейнер місткістю 800 л	4,7	3 – 4
Танк місткістю 40 м^3	77	2 – 3

На установках, де хлорна вода вводиться недалеко від хлораторної, водохлорний ежектор розташовують поруч із хлоратором; напір, що розвивається ежектором, достатній для подачі хлорної води до місця її введення.

Технологічна схема установки для хлорування стічних вод з ваговим контролем витрати хлору представлена на рис. 3.11. За такої схеми обов'язково встановлюють редукційний клапан на виході зі складу хлору, щоб лінія газоподібного хлору, що прокладається по території очисних споруд, завжди знаходилася під вакуумом.

Трубопроводи рідкого і газоподібного хлору по території очисних споруд розташовують на естакадах, усередині приміщень – на кронштейнах, укріплених на стінах або колонах, забезпечуючи ухил для стоку рідкого хлору при спорожнюванні системи. Хлоропроводи захищають від впливу сонячної радіації і знижених температур. Трубопроводи рідкого хлору повинні мати малу довжину (до 50 м) при витраті до 100 кг/год на одну лінію хлорування. Розрахунковий діаметр трубопроводу незначний і на практиці його приймають

Національний університет водного господарства та природокористування

рівним (крім хлоропроводів тенків) до 25 мм.

Трубопроводи рідкого і газоподібного хлору обладнують технологічним обладнанням (запірні, регулюючі, контролюючі пристрої).

Практичне застосування для транспортування хлорної води одержали неметалічні труби: гумові, фаолітові, вінілпластові, поліетиленові, скляні і з фторопласту.

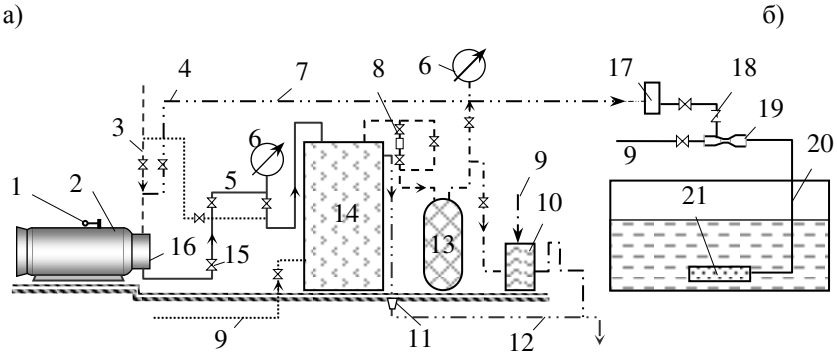


Рис. 3.11. Принципова схема хлорування стічних вод при ваговому контролі дози хлору:
а – контур складу; б – контур шафи дозування; 1 – ваги платформні: 2 – контейнер з рідким хлором; 3 – лінія стиснутого повітря, 4 – обвідна лінія для газоподібного хлору: 5 – лінія рідкого хлору; 6 – манометр: 7 – лінія газоподібного хлору; 8 – регулятор тиску газоподібного хлору; 9 – водопровідна вода: 10 – нейтралізатор; 11 – зливна лійка; 12 – стік води: 13 – уловлювач бруду; 14 – випарник хлору: 15 – вентиль кінцевий на лінії рідкого хлору; 16 – вентиль на контейнері; 17 – сигналізатор наявності конденсату; 18 – зворотний клапан; 19 – водохлорний ежектор; 20 – лінія хлорної води; 21 – дифузори для хлорної води

Усередині приміщень трубопроводи хлорної води розташовують на кронштейнах або у вентильованих каналах. На території очисних споруд їх влаштовують в окремих каналах або футлярах із труб. На поворотах трубопроводів і на прямих ділянках через 20 – 30 м ставлять контрольні колодязі [7].

Приміщення дозаторних відносять до другого ступеня вогнестійкості, обладнують постійно діючою приточно-витяжною вентиляцією з механічним спонуканням і шестиразовим обміном повітря. Гранична концентрація хлору у повітрі робочої зони – 1 мг/м^3

Електролізні установки призначені для одержання на місці споживання гіпохлориту натрію (*NaOCl*) із природних хлоридних розчинів – підземних мінералізованих вод і морської води, а також зі штучних розчинів хлористого натрію.

Активний хлор, одержуваний на електролізних установках, за своєю бактерицидною ефективністю може бути прирівняний до хлору елементарного.

Середня продуктивність за активним хлором, кг/год	0,042	4,1
Витрата солі на 1 кг активного хлору, кг/год	12 – 15	8 – 9
Витрата електроенергії на 1 кг активного хлору кВт-год	7 – 9	10 – 12

На випадок аварії у всіх приміщеннях хлораторної передбачають засоби

Національний університет водного господарства та природокористування

для дегазації хлору і хлорної води і для індивідуального захисту обслуговуючого персоналу.

3.4.3. Очищення стічних вод від фенолів, крезолів і ціанідів активним хлором

Феноли, крезоли і ціаніди зустрічаються в стічних водах збагачувальних фабрик, де використовується в якості флотаційних реагентів при збагаченні руд кольорових металів, у стічних водах гальванічних виробництв (ціаніди), а також у стічних водах фармацевтичної, коксохімічної і металургійної промисловості [7].

Найбільш розповсюдженим методом очищення стічних вод від зазначених забруднень є їхнє окислювання активним хлором до нетоксичних сполук. На практиці застосовують: хлорне вапно $CaOCl_2$, гіпохлорит кальцію $Ca(OC1)_2$, гіпохлорит натрію $NaOCl$, рідкий хлор $C1_2$. У залежності від реакції середовища активний хлор у розчині знаходиться в трьох формах: вільний хлор, хлорноватиста кислота і гіпохлорит-іон. Окисна здатність цих форм активного хлору різна. У сильнолужному середовищі містяться тільки гіпохлорит-іони, що володіють відносно невеликим окислювально-відновним потенціалом.

Окислювання фенолів активним хлором призводить до утворення нетоксичних продуктів без хлорфенольних запахів. За оптимальних умов фенол окисляється до нетоксичних карбонових кислот. Швидкість окислювання залежить від ряду факторів, вирішальним з яких є значення *pH*.

Найкращі результати по окислюванню фенолу досягаються в слабо лужному середовищі (pH = 7 – 8,5, тривалість контакту 1 год, температура води не більш 40°С), у якому рівновага реакцій зрушена убік утворення гіпохлорит-іонів. При цьому в розчині присутня ще достатня кількість хлорноватистої кислоти, а кількість молекулярного хлору зведена до мінімуму.

З урахуванням надлишку і споживання активного хлору на окислювання інших органічних сполук, що присутні у стічних водах, витрата активного хлору на окислювання 1 мг фенолу приймається 8 – 9 мг.

Крезол (мета-, пара- і орто-, метил-оксибензол або метил-фенол) є присутнім поряд із простими фенолами (карболовою кислотою) у стічних водах ряду хімічних виробництв, збагачувальних фабрик кольорової металургії, нафтопереробних заводів і інших галузей промисловості.

З урахуванням надлишку і споживання активного хлору на окислювання інших органічних речовин витрата його приймається 7,5 – 8 частин на 1 частину крезолу (за масою). Оптимальні умови окислювання крезолу такі ж, як і для фенолу. Недотримання оптимальних умов може привести до утворення сполук, що володіють хлорфенольним запахом.

Ціаніди окислюються активним хлором у лужному середовищі pH=10 – 11. Ціанати, що утворюються в результаті окислювання, гідролізуються у воді з утворенням карбонат- і амоній-іонів або можуть бути окислені до вуглекислоти й елементного азоту.

Національний університет водного господарства та природокористування

Оптимальна величина *pH* для гідролізу ціанатів складає 5 – 6,5. Для окислювання 1 ч простих ціанідів і зв'язаних у комплекси з цинком і кадмієм потрібно 2,73 ч активного хлору (за масою).

Необхідна кількість активного хлору для окислювання 1 частини ціанід-іонів, зв'язаних у комплекси з міддю складає 3,18 частин (за масою).

Тривалість контакту стічної води з окиснювачем при обробці простих або зв'язаних з цинком або кадмієм ціанідів складає 10 – 15 хв, при окислюванні ціанідів, зв'язаних з міддю – 30 хв.

3.5. Аерування стічних вод

3.5.1. Аерування

Аерування досить широко використовується в технологічних схемах обробки виробничих стічних вод.

Водночас аерування застосовують і як самостійний метод очищення. У цих випадках аерацію здійснюють кількома технічними способами [24]:

продуванням стічної рідини повітрям (барботування);

розбризкуванням води в спеціальних басейнах;

розбризкуванням води в градирнях;

обдуванням поверхні рідини повітрям.

Теоретично процес десорбції газів із чистої води під час аерування описується рівняннями

$$\lg C_n - \lg C_к = 0{,}43 \cdot \beta \cdot t \cdot \frac{S}{W_р}, \qquad (3.12)$$

$$0{,}43 \cdot \lg \frac{C_n}{C_к} = D \cdot \left(\frac{\pi}{2 \cdot H} \right)^2 \cdot t - 207, \qquad (3.13)$$

де C_n – початкова концентрація газу, г/л; $C_к$ – кінцева концентрація газу, г/л; t – тривалість аерації, хв; H – висота шару води, см; S – поверхня рідини, см^2; $W_р$ – об'єм рідини, см^3; D, β – коефіцієнти дифузії і десорбції, які залежать від природи газу і температури.

Значення *D* і β для деяких газів за температури 25^{0}С наведені в табл. 3.8.

При цьому рівняння (3.12) можна використати для розрахунку процесів барботування або розбризкування, а (3.13) – для випадку обдування поверхні рідини.

Проте обчислення за цими рівняннями ускладнюються внаслідок різноманітності складу і фізико-хімічних властивостей забруднень, які містяться в стічних водах. За експериментальними даними, для того, щоб віддути з різних стічних вод приблизно однакову кількість газу, наприклад сірководню, потрібно 2...50 м^3 повітря на 1 м^3 води.

Для більш точного розрахунку аераційних споруд, в яких використовується барботування води, необхідно мати в розпорядженні одержані експериментально значення питомої витрати повітря в м^3 на 1 кг газу, що

Національний університет водного господарства та природокористування

потрібно видалити, інтенсивності аерації в м^3 на 1 м^2 дзеркала води протягом 1 години і рекомендованої глибини басейну.

Таблиця 3.8

Значення коефіцієнтів дифузії і десорбції

Газ	β	D
Сірководень	0,07	$8{,}6\times10^{-4}$
Вуглекислота	0,17	$9{,}2\times10^{-4}$
Сірчистий	0,055	–
Аміак	0,015	–
Хлор	–	$7{,}6\times10^{-4}$

За допомогою питомої витрати повітря визначається загальна його витрата, м^3/год, за формулою

$$V = \frac{\left(C_n - C_к\right)\cdot Q_{год}\cdot v}{1000}\ , \tag{3.14}$$

де C_n, $C_к$ – початкова і кінцева (розрахункова) концентрації газу, г/м^3; $Q_{год}$ – розрахункова годинна витрата стічних вод, м^3; v – розрахункова питома витрата повітря (для різних газів за неоднакових умов і початкових концентрацій може сягати 50...300 м^3/ кг).

Питома витрата повітря залежить від початкової концентрації газу або летких речовин, збільшуючись із зменшенням цієї концентрації.

Значення інтенсивності аерації дає змогу визначити конструктивні параметри басейну (площа, об'єм) і тривалість аерації

$$F = \frac{V}{I}\ , \tag{3.15}$$

$$W = F\cdot H\ , \tag{3.16}$$

$$t = \frac{W}{Q_{год}}\ , \tag{3.17}$$

де F – площа дзеркала води басейну, м^2; I – інтенсивність аерації (в межах 8...16 м^3/м^2·год); W – об'єм басейну, м^3; H – глибина басейну (звичайно 2...4 м); t – тривалість аерації, год.

Під час проектування аераційних басейнів потрібно враховувати можливість часткової дегазації стічних вод у попередніх спорудах (усереднювачі з аеруванням води) або в наступних (аеротенки).

За конструкцією аераційні басейни подібні до усереднювачів або аеротенків-змішувачів. Крім того, можна використати дегазаційні колони.

Позитивну дію аерування стічних вод на їх очищення слід враховувати, вибираючи типи деяких споруд (усереднювачів, змішувачів, камер нейтралізації і камер реакції).

Національний університет водного господарства та природокористування

3.5.2. Аераційні і дегазаційні установки

Аераційні установки застосовують для підвищення вмісту розчиненого кисню в очищених стічних водах перед скиданням їх у водойму [2,24].

Для насичення повітрям очищених стічних вод можуть бути використані аераційні канали або каскади водозливів. Останні застосовують при наявності перепаду рівнів між площадкою очисних споруд і горизонтом води у водоймі.

Аераційні канали можна влаштовувати подібно до коридорів аеротенків. Питому витрату повітря D, м^3/м^3, розраховують за виразом

$$D = \frac{n}{K_1 \cdot K_2 \cdot n_1 \cdot n_2}\left[\left(\frac{C_p - C_o}{C_p - C_m}\right)^{1/n} - 1\right], \qquad (3.18)$$

де C_p – розчинність кисню повітря у воді, мг/л; C_m – необхідна концентрація кисню в очищеній воді, що скидається у водойму, мг/л; C_o – концентрація кисню перед аераційними спорудами, мг/л; n – кількість ступенів аерації (варто приймати 3 – 4); значення K_1, K_2, n_1, n_2 приймаються відповідно до СНиП.

Для зниження об'єму аераційного каналу при використанні пневматичних аераторів доцільно розміщати їх рівномірно по всьому днищу. Інтенсивність аерації варто приймати не більш 100 м^3/(м^2·год).

Для аерування найбільш ефективні водозливи з зубцюватим отвором. Висота зубів 50 мм, кут при вершині 90°, відстань між вістрями зубів 50 мм. Нижній б'єф повинен мати водобійний колодязь довжиною 4 м, глибиною 0,8 м.

Аераційні установки застосовуються для видалення розчинених газів зі стічних вод (дегазація), а також для насичення їхнім киснем повітря.

Наявність газів утрудняє очищення і використання стічних вод, викликає або підсилює корозію конструкційних матеріалів трубопроводів і споруд, а також додає стічним водам неприємний запах. При дегазації найчастіше зі стічних вод віддаляються кислі (CO_2, H_2S, SO_2, SO_3 NO_2) або лужні (NH_3, CH_3, NH_2) гази.

Дегазацію стічних вод здійснюють хімічними (із застосуванням реагентів), або фізико-хімічними методами (нагріванням і вакуумуванням) і, як указувалося вище, продувкою повітрям – аерацією.

Хімічні методи дегазації стічних вод застосовують при низькій концентрації газів у воді, недоцільності або неможливості їхньої утилізації і за умови, що продукти обробки не перешкоджають подальшому очищенню або використанню стічних вод. При хімічному методі дегазації стічні води можна обробляти розчиненими (лужними або кислими) або газоподібними реагентами або поглинальними масами (наприклад, гідрати окислів заліза). Як реагенти застосовують вапняне молоко, соду, їдкі луги, аміак і т.д., а також різні кислоти.

У тих випадках, коли розчинені гази є відновлювачами (наприклад,

Національний університет водного господарства та природокористування

сірководень, аміак і т.д.), дегазацію здійснюють сильними окислювачами (хлор, озон) або електрохімічним методом. Дегазацію рідкими реагентами проводять у ємнісних апаратах з мішалками, а газоподібні реагенти продувають через стічні води під надлишковим тиском у колонах з насадками.

Фізико-хімічні методи дегазації включають нагрівання або вакуумування стічних вод. При нагріванні або зниженні тиску розчинність газів різко знижується, унаслідок чого відбувається їхнє виділення зі стічних вод [7].

Аерацію здійснюють за рахунок руху потоку повітря над дзеркалом оброблюваної стічної води (реаерація) або інтенсивним змішуванням повітря з оброблюваною стічною водою, застосовуючи барботаж або розбризкування.

Видалення газів зі стічних вод аерацією можливо тільки в тому випадку, якщо парціальний тиск газу, що видаляється, у повітрі менше парціального тиску над поверхнею води. Швидкість видалення газів за інших рівних умов залежить від коефіцієнта дифузії газу у воді.

Коефіцієнт дифузії D_t визначають за формулою

$$D_t = D_{20} \cdot [1 + 0{,}02 \cdot (t - 20)], \tag{3.19}$$

де t – температура обробки стоків

Таблиця 3.9

Коефіцієнт дифузії D_{20} деяких газів у воді при температурі 20°С

Газ	$D_{20} \cdot 10^6$, м^2/год	Газ	$D_{20} \cdot 10^6$, м^2/год
сірководень	8,3	Двоокис вуглецю, закис азоту	6,4
Кисень	7,5		
Водень	6,9	Хлор,	5,8
Аміак	6,6	Хлористий водень	1,9

Для видалення газів аерацією застосовують плівкові дегазатори з різного роду насадками, що працюють в умовах протитечії води і повітря, а також барботажні дегазатори (рис. 3.12).

При аерації крім витиснення газових продуктів повітрям можливо їхнє окислювання, що здійснюють при атмосферному тиску з застосуванням каталізаторів або при підвищених тиску і температурі.

Сірководень[2] і його сполуки видаляються зі стічних вод аерацією, продувкою димовими газами, а також окислюванням киснем повітря при атмосферному або підвищеному тиску.

У залежності від *pH* середовища сірководень у стічних водах може бути присутнім у виді вільного H_2S, гідросульфіду-іона SH^- і сульфіду-іона S^{2-}.

На установках для видалення сірководню аерацією стічна вода підкислюється в змішувачі сірчаною або соляною кислотою (для переводу зв'язаного сірководню у вільний) і подається у верхню частину десорбера з

[2] Сірководень – горючий, безбарвний, отруйний газ, є сильним відновлювачем.

Національний університет водного господарства та природокористування

насадкою з кілець Рашига. Десорбер знизу продувається стисненим повітрям, очищена вода зливається, а суміш повітря і сірководню надходить у скрубер, зрошуваний поглинальним лужним розчином. У результаті поглинання сірководню відбувається очищення повітря й утворюється концентрований розчин сульфідів, який потім утилізується.

Питоме навантаження на дегазатор з насадкою з кілець Рашига приймають 40 $м^3/(м^2 \cdot год)$, витрата повітря – 20 $м^3$ на 1 $м^3$ води, що очищається.

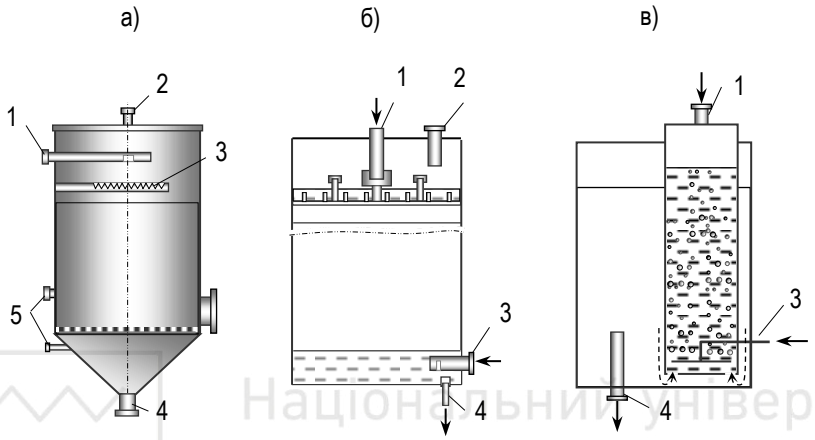


Рис. 3.12. Дегазатори:

а – вакуумний дегазатор: 1 – підведення води; 2 – відвід газів; 3 – розподільна тарілка: 4 – відвід очищеної (дегазованої) води: 5 – патрубки водомірного скла; б – плівковий дегазатор: 1 – підведення води; 2 – відвід повітря; 3 – підведення повітря; 4 – відвід води; в – барботажний дегазатор: 1– підведення води; 2 – підведення повітря, 3 – відвід води

Необхідну поверхню насадки F, $м^2$, визначають за формулами:

$$F = g /(K \cdot \Delta C_{ср}), \tag{3.20}$$

$$g = \frac{Q \cdot (C_o - C)}{1000}, \tag{3.21}$$

$$K = \frac{760}{S_{H_2S} \cdot 50{,}7 + 104 \cdot 4/(\omega \cdot 0{,}324)}, \tag{3.22}$$

де g – кількість сірководню, що видаляється, кг/год; Q – витрата стічних вод, $м^3$/год; C_o – вихідна концентрація сірководню у воді, що очищається, мг/л, C – залишкова концентрація сірководню, приймається 0,1 мг/л: K – загальний коефіцієнт десорбції, м/год; S_{H_2S} – розчинність сірководню у воді, кг/$м^3$; ω – площа поперечного перерізу дегазатора, $м^2$; $\Delta C_{ср}$ – середня рушійна сила десорбції, кг/$м^3$.

Національний університет водного господарства та природокористування

Очищення стічних вод від сірководню шляхом окислювання киснем повітря здійснюється при атмосферному тиску в присутності каталізаторів або при підвищених тиску і температурі (рис.3.13)[24].

У першому випадку стічні води, що містять сполуки сірки, наприклад сірчисті луги, обробляють в аераційному басейні, де їх продувають стисненим повітрям у присутності каталізаторів (залізної стружки, графітових матеріалів і ін.). При цьому велика частина сполук сірки окисляється до елементарної сірки, що залишається в стічній воді, а частина сірководню віддувається з повітрям. Оброблену стічну воду відводять на додаткове очищення від сірки, а відпрацьоване повітря в суміші із сірководнем подають на спеціальну обробку. Спочатку суміш через уловлювач крапель надходить в адсорбер, де сірководень поглинається активованим вугіллям, очищене повітря скидається в атмосферу. Для регенерації вугілля використовують розчин сульфату амонію, що подається з ємностей. Після закінчення регенерації адсорбер продувається гострим паром. Відпрацьований розчин сульфату амонію подають у кип'ятильник для поділу (регенерації). Парогазову суміш (H_2O, NH_3 і H_2S) охолоджують, конденсують і направляють у збірний бак регенерату, а суспензію сірки з кип'ятильника подають на центрифугу для виділення сірки (рис. 3.13).

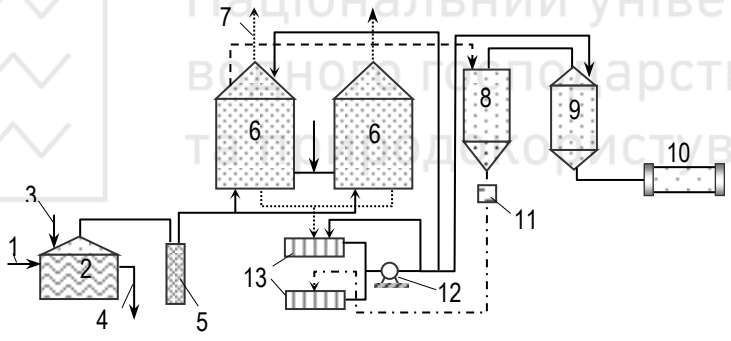


Рис. 3.13. Схема установки очищення стічних вод від сірководню шляхом його окислювання в присутності каталізатора:
1 – стічна вода; 2 – аераційний басейн; 3 – стиснене повітря: 4 – очищена вода: 5 – уловлювач крапель; 6 – адсорбер; 7 – очищене повітря; 8 і 9 – ємності для збору сульфіту амонію; 10 – холодильник; 11 – конденсатор; 12 – кип'ятильник; 13 – центрифуга

При проектуванні установки варто приймати наступні розрахункові дані: тривалість контакту води з повітрям – 60 – 90 хв; витрата повітря – 10 – 12 $м^3/м^3$; коефіцієнт пористості залізної стружки – 0,4; ступінь очищення води – 95 – 97%.

Стічні води, що містять сірку, через витратомір подають у теплообмінник, де підігрівають до температури 100°С, а потім направляють у трубчастий реактор. За рухом води в реактор подають стиснене повітря під тиском 1,5 МПа (рис.3.14). При зазначених температурі і тиску в реакторі сполуки сірки окисляються до сульфатів. Після реактора суміш стічної води разом з повітрям

Національний університет водного господарства та природокористування

подають у сепаратор, де відбувається їхній поділ. Кількість повітря повинна складати за киснем 200% *ХПК* стічних вод. Ступінь очищення за сірчистими сполуками складає 90% *ХПК* стічних і вод знижується на 60 – 75%.

Розчинена вуглекислота може міститися в стічних водах установок уловлювання пилу при випалюванні вапняку, виробництві соди, аміаку, карбаміду, а також після *Н*-катіонітових фільтрів. Вільну вуглекислоту видаляють зі стічних вод у плівкових дегазаторах з насадками з протитечією води і повітря. Витрата повітря на віддувку складає 30 м^3 на 1 м^3 води.

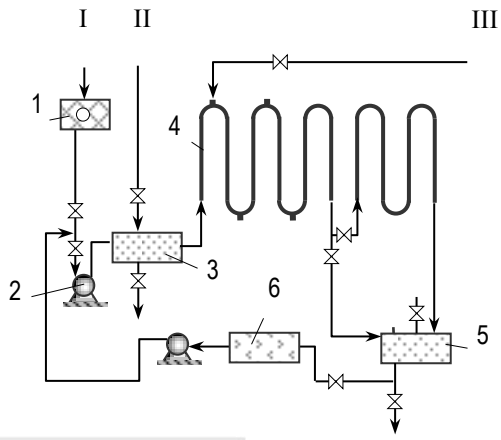


Рис 3.14. Технологічна схема установки очищення стічних вод від сполук сірки шляхом окислювання під тиском:
1 – витратомір; 2 – насос: 3 – теплообмінник; 4 – трубчастий реактор: 5 – сепаратор; 6 – ємність; 7 – насос; I – стічна вода; II – пара; III – стиснене повітря

Аміак зі стічних вод виробництва аміаку (газовий конденсат), соди і переробки коксового газу видаляють при підвищеній температурі (100 – 105°С) продувкою водяним паром або повітрям. Вихідна стічна вода нагрівається спочатку в теплообміннику, а потім гострим паром до температури 100 – 105°С і подається на верх десорбера, заповненого кільцями Рашига. У нижню частину десорбера для віддувки аміаку подають гострий пар. Суміш пару води з аміаком надходить у теплообмінник, де конденсується, частково нагріваючи при цьому вихідні стічні води. Конденсат, що представляє собою слабкий водний розчин аміаку, утилізують.

3.5.3. Дегазатори для видалення зі стічних вод сірковуглецю, сірководню й інших розчинених газів

У практиці очищення стічних вод, наприклад при виробництві хімічних волокон, виникає необхідність звільнення стічних вод від сірковуглецю, сірководню та інших розчинених газів.

Сірковуглець може бути сорбованим активним вугіллям з регенерацією останнього гострим паром і конденсацією утвореного пару сірковуглецю. Цей метод придатний практично тільки для не забруднених іншими домішками стічних вод, наприклад у виробництві сірковуглецю. Однак і в цьому випадку присутність у воді невеликої кількості сірководню вимагає її обробки хлором, що зв'язано з наступними труднощами вилучення надлишкового хлору.

Більш універсальним є видалення згаданих газів зі стічних вод фізичними методами дегазації. Оскільки парціальний тиск пару сірковуглецю і сірководню в рідкій фазі більший, ніж у повітрі, відбувається перехід цих речовин з рідини в газоподібний стан [7, 24].

Національний університет водного господарства та природокористування

Процеси дегазації можна здійснювати в штучних умовах у дегазаторах з насадкою, вакуумних дегазаторах і барботерах, а також у природних умовах з відкритою поверхнею відстійників і ставків.

Кінетика видалення зі стічних, вод розчиненого сірковуглецю і сірководню з відкритої поверхні показана на рис. 3.15.

Недоліками природного методу видалення газів є його значна тривалість, забруднення навколишнього повітря і неможливість регенерації газів, що вилучаються.

Стічні води в барботерах дегазуються за рахунок подачі в них стиснутого повітря при нормальному атмосферному тиску. Барботери можна суміщати з прийомними резервуарами, усереднювачами та іншими ємнісними спорудами для очищення стічних вод. Стиснене повітря подають у барботери по перфорованих трубках, розташованих на дні.

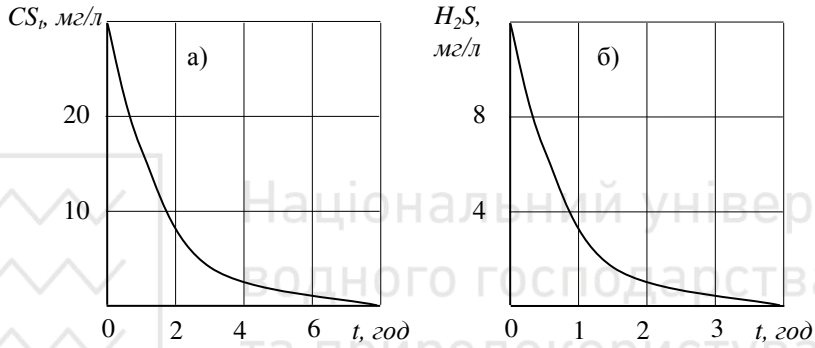


Рис. 3.15. Кінетика видалення зі стічних вод сірковуглецю (а) і сірководню (б) у відкритих горизонтальних відстійниках

Кінетика видалення сірковуглецю і сірководню в барботерах при різних початкових концентраціях і інтенсивності подачі повітря показана на рис. 3.16.

Оскільки у випадках барботажу стічних вод при нормальному атмосферному тиску не досягаються концентрації, достатні для регенерації сірковуглецю, що видаляється з газоповітряної суміші, остання направляється на загальнозаводські установки вентиляційних викидів або викидається в атмосферу на значній висоті.

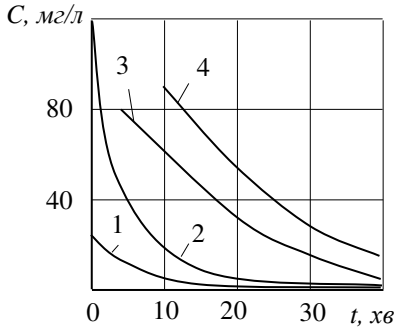


Рис. 3.16. Кінетика видалення сірковуглецю і сірководню зі стічних вод у барботерах при різній інтенсивності подачі повітря:
1– сірководень: 1 – 4 – сірковуглець; подача повітря: 2 – 120 $м^3/(м^2 \cdot год)$: 1 – 120 $м^3/(м^2 \cdot год)$; 3 – 24 $м^3/(м^2 \cdot год)$; 4 – 16 $м^3/(м^2 \cdot год)$; *C* – залишкова концентрація газу, мг/л: t – тривалість барботажу, хв

Дегазація стічних вод у дегазаторах з насадками під вакуумом забезпечує найбільший ефект видалення розчинених газів і дозволяє їх регенерувати і

повертати у виробництво (рис. 3.17). Дегазація здійснюється в закритих апаратах, обладнаних спеціальними вакуум-насосами.

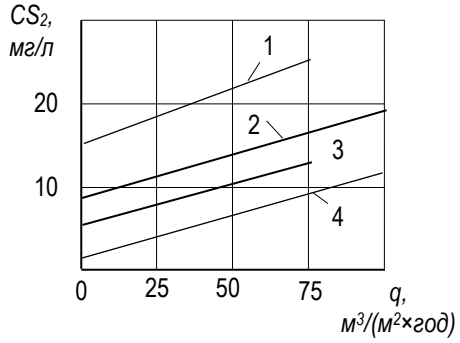


Рис. 3.17. Вплив різних факторів на процес вакуумної дегазації стічних вод
1, 2 – при вакуумі 200 мм рт.ст. і температурі відповідно 30 і 60°С; 3, 4 – при вакуумі 600 мм рт.ст. і температурі відповідно 30 і 60°С; CS_2 – початкова концентрація 100 мг/л; q – щільність зрошення насадки, $м^3/(м^2 \cdot год)$

У вакуумний дегазатор необхідно подавати свіже повітря в кількості, при якій забезпечується вибухобезпека газоповітряної суміші, наприклад нижня межа вибухобезпечних концентрацій пару сірковуглецю в повітрі складає 34 мг/л, а сірководню – 60 мг/л. Кількість поданого в дегазатор повітря, відповідно до вимог техніки безпеки, повинна забезпечувати створення вдвічі менші концентрації.

На рис. 3.17 приведений графік впливу різних факторів (густина зрошення, температура, глибина вакууму) на дегазацію сірковуглецю при вихідній його концентрації в стічній воді, рівній 100 мг/л.

3.6. Компактні установки для очищення стічних вод

Для очищення стічних вод, що містять нафтопродукти і завислі речовини, використовують установки для замкнутого обороту води, наприклад, на промислових підприємствах і в автогосподарствах. Очищення води забезпечується завдяки гравітаційній сепарації домішок з наступним її доочищенням на зернистих, волокнистих, а в разі потреби, і на сорбційних фільтрах (рис.3.18) [7].

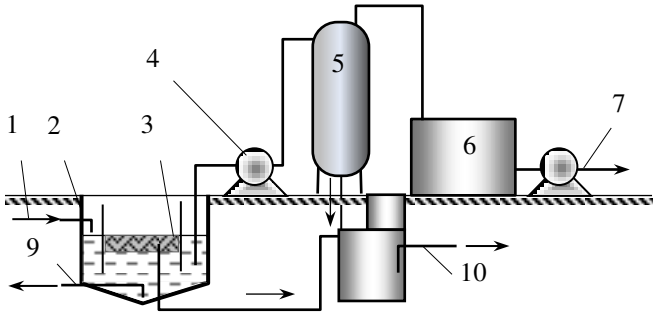


Рис. 3.18. Принципова схема установки:
1 – трубопровід стічної води; 2 – установка гравітаційної сепарації домішок; 3 – нафтопродукти; 4 – насос; 5 – фільтр із плаваючим шаром; 6 – резервуар чистої води; 7 – відвід очищеної води; 8 – збірник нафтовідходів; 9 – трубопровід відведення осаду; 10 – трубопровід відведення нафтопродуктів на спалювання

Національний університет водного господарства та природокористування

Ефект очищення за нафтопродуктами складає 1 – 1,5 мг/л (вихідна концентрація 20 – 500 мг/л), за завислими речовинами 25 –50 мг/л (вихідна концентрація 100 – 800 мг/л). Установка такого типу може бути використана для сумісного очищення поверхневих і виробничих стічних вод.

У практиці очищення стічних вод гальванічних цехів використовують компактні установки. Їх застосовують для обробки ціанистих, хроммістких, кислих і лужних стічних вод, при цьому в кожнім випадку змінюється тільки система автоматичного регулювання.

Принцип дії установки (рис. 3.19) заснований на багатофункціональному використанні енергії стиснутого повітря, за допомогою якого перемішується розчин, транспортуються і розмішуються реагенти по всьому об'єму реактора, а також регулюється процес знешкодження води. Знешкоджену зворотну воду з реактора направляють у відстійник (після знешкодження кислих і лужних стоків) або в накопичувач кислих (лужних) стічних вод (після знешкодження хроммістких або ціанмістких стоків). Після спорожнювання реактора цикл обробки повторюється.

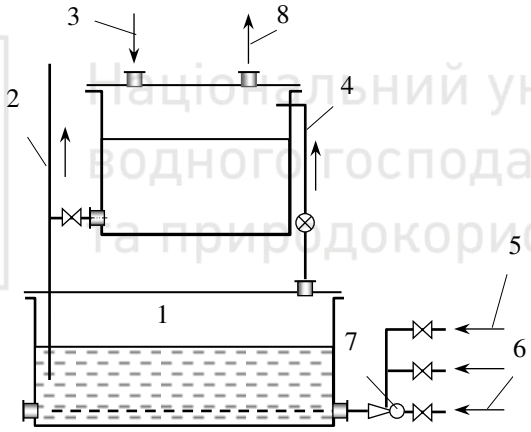


Рис. 3.19. Принципова схема однореакторної установки періодичної дії для очищення стічних вод гальванічних цехів:
1 – реактор; 2 – зливна труба; 3 – надходження стоку в накопичувач; 4 – перепуск повітря: 5 – подача реагентів; 6 – подача повітря; 7 – ежектор; 8 – відвід до вентиляції

Установка розрахована на обробку стічних вод з будь-якими концентраціями забруднень, включаючи і відпрацьовані розчини. Аерозольна подача реагентів по всьому об'єму реактора з одночасним перемішуванням значно зменшує тривалість реакції знешкодження, що дозволяє при тому самому розмірі установки підвищити її продуктивність.

Контрольні питання

1. Способи зниження агрегативної стійкості завислих домішок стічних вод.
2. Реагенти, які застосовують для коагулювання домішок стічних вод.
3. Раціональні значення *pH* при застосуванні того чи іншого реагенту.
4. Хімічні реакції при очищенні стічних вод із застосуванням реагентів.

Національний університет водного господарства та природокористування

5. Реагенти для нейтралізації виробничих стічних вод.
6. Способи нейтралізації кислотомістких стічних вод.
7. Технологічна схема водно-реагентної нейтралізації стічних вод.
8. Камера нейтралізації з ступінчастим введенням реагентів.
9. Спосіб нейтралізації в товщі зернистого шару карбонату магнію.
10. Класифікація продуктів переробки негашеного і гашеного вапна.
11. Спосіб приготування вапняного молока.
12. Спосіб приготування коагулянту із сірчанокислого алюмінію.
13. Способи і технічні рішення для змішування реагентів з стічною водою.
14. Конструктивні особливості озонаторів.
15. Суть промислового способу отримання озону.
16. Озон і реакції руйнування ціанідів в лужному середовищі.
17. Застосування озону для очищення стічних вод від нафтопродуктів.
18. Типи конструктивних пристроїв обробки стічних вод озоном.
19. Суть процесу вилучення тетраетил свинцю зі стічних вод при застосуванні озону.
20. Раціональні умови застосування озону для знезараження стічних вод.
21. Реагенти для хлорування стічних вод з метою їх знезаражування.
22. Особливості гідролізу хлору в воді при зміні значення її *pH*.
23. Визначення дози хлору для знезаражування води.
24. Вибір реагенту для дехлорування води.
25. Діаграма фазового стану хлору в залежності від його температури і тиску.
26. Принципова схема хлорування стічних вод при ваговому контролі дози хлору.
27. Умови очищення стічних вод від фенолів, крезолів і ціанідів активним хлором.
28. Способи керування стічних вод.
29. Основні фактори впливу на процес десорбції газів із чистої води.
30. Способи дегазації води від сірководню.
31. Суть фізико-хімічних методів дегазації води.
32. Особливості роботи вакуумного, плівкового і барботажного дегазаторів.
33. Схема установки очищення стічних вод від сірководню шляхом його окислювання в присутності каталізатора.
34. Схема установки очищення стічних вод від сірководню шляхом його окислювання в присутності каталізатора.
35. Кінетика видалення зі стічних вод сірковуглецю і сірководню у відкритих горизонтальних відстійниках.
36. Схеми очищення стоків в автогосподарствах.
37. Суть процесу очищення гальваностоків.

Література

1. Бабенков Е. Д. Очистка воды коагулянтами. – М. : Наука, 1977. – 366 с.
2. Василенко Л. В., Никифоров А. Ф., Лобухина Т. В. Методы очистки промышленных сточных вод – Екатеринбург : УГЛУ Урал. гос. лесотехн. университет, 2009. – 174 с.
3. Возная Н. Ф. Химия и микробиология воды. – М. : Высшая школа. 1988. – 324 с.
4. Драгинский В. Л., Алексеева А. П., Гетманцев С. В. Коагуляция в технологии очищення природних вод. – М. : Высшая школа, 2005. – 264 с.
5. Запольский А. К., Мішкова-Клименко Н. А., Астрелін І. М. та ін. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод: Підручник.-К. : Лібра, 2000. – 552 с.
6. Запольський А. К. Водопостачання, водовідведення та якість води : Підручник. – К. : Вища школа, 2005. – 671 с.

Національний університет водного господарства та природокористування

7. Канализация населенных мест и промышленных предприятий. Справочник проектировщика./Н. И. Лихачев, И. И. Ларин, С. А. Хаскин и др.; Под ред. В.Н.Самохина. 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 1981. – 638 с.
8. Карюхина Т. А., Чурбанова И. Н. Химия воды и микробиология. М.: Стройиздат, 1974.–223 с.
9. Кравченко В. С., Гіроль М. М., Мацнєва Т. С. Водопостачання і водовідведення. Затверджено міністерством освіти і науки України, як підручник для вищих навчальних закладів. Підручник. – Рівне : 2007. – 432 с.
10. Куликов Н. И., Найманов А. Я., Омельченко О. П., Чернышов В. Н. Теоретические основы очищення воды. Изд. «Ноулидж». – Макеевка : 2009. – 298 с.
11. Кульский Л. А. Основы химии и технологии воды. – Киев : Наукова думка, 1991.– 568 с.
12. Кульский Л. А., Накорчевская В. Ф. Химия воды: Физико-химические процессы обработки природных и сточных вод. – К. : Вища школа, 1983. – 240 с.
13. Луценко Г. Н., Цветкова А. И., Свердлов И. Ш. Физико-химическая очистка городских сточных вод. – М. : Стройиздат, 1984. – 89 с.
14. Малиновская Т. А., Кобринский И. А., Кирсанов О. С. и др. Разделение суспензий в химической промышленности. – М. : Химия, 1983. – 264 с.
15. Саблій Л. А. Фізико-хімічне та біологічне очищення висококонцентрованих стічних вод: Монографія. – Рівне: НУВГП, 2013. – 292 с.
16. Назаров Б. Г., Фазулина Э. П. Обесцвечивание сточных вод озоном в фильтре с плавающей загрузкой. – Химия и технология воды, 1985, т.7, №1, с.33-35.
17. Найманов А. Я., Никиша С. Б., Насонкина Н. Г и др.. Водоснабжение. - Донецк, Издательство – Норд-прес, 2004 г. – 649 с.
18. Николадзе Г. И., Минц Д. М., Кастальский А. А. Подготовка воды для питьевого и промышленного водоснабжения: Учебн. пособие по спец. "Водоснабжение и канализация" для вузов. 2-е изд. перераб. и доп. – М. : Высшая шк. 1984. – 368 с.
19. Рогов В. М.,Филипчук В. Л. Электрохимическая технология изменения свойств воды. – Львов : Выща школа, 1989. – 128 с.
20. Родионов А. И. и др. Техника защиты окружающей среды/Родионов А. И., Клушин В. Н., Торочешников Н. С. Учебник для вузов. 2-е изд., перераб и доп. – М. : Химия, 1989. – 512 с.
21. Строительные нормы и правила (СНИП) 2.04.03-85. Канализация. наружные сети и сооружения. – М. : Стройиздат, 1986. – 72 с.
22. Технический справочник по обработке воды. Дегремон.: в 2 т. Т. 1: пер. с фр. – СПб. : 2007.
23. Химия промышленных сточных вод. Под ред. А. Рубина. Перевод с англ. А.В.Расторгуева, В. А. Субботина. – М. : Химия, 1983. – 360 с.
24. Яковлев С. В., Карелин Я. А., Ласков Ю. М., Калицун В. И. Водоотведение и очистка сточных вод. – М.: Стройиздат, 1996. – 591 с.
25. Bever J., Stein A., Neichmann H. Zaawansowane metody oczyszczania ścieków. Eliminacja azotu i fosforu, sedymentacja i filtracja. – Wyd.1. Oficyna Wydawnicza Projprzem-EKO. Bydgoszcz, 1997, 440 str.
26. Kowal A.L., Swiderska-Broz M. Oczyszczanie wody. – Wyd. 4. Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa-Wroclaw, 2000. – 614 str.
27. Ozonek J. Analiza procesów wytwarzania ozonu dla potrzeb ochrony środowiska. PAN., vol 13. Lublin 2003 . – 155 st.

4. ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРИЙОМИ БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

4.1. Біологічні фільтри

4.1.1. Загальні відомості

Біологічний фільтр – очисна споруда, заповнена фільтрувальним матеріалом (заповнювачем), на поверхні якого під час руху води через його товщу розвивається біологічна плівка. Очищення стічних вод здійснюється внаслідок життєдіяльності аеробних мікроорганізмів.

Питома площа біологічно активної поверхні заповнювача залежить від розміру часток. На практиці рекомендується використовувати зерна з розміром 4-8 см (питома площа зерна близько 95 $м^2/м^3$). Для фільтруючих шарів малої висоти можна використовувати дрібніший матеріал з розміром зерен 3-6 см (питома площа зерна близько 160 $м^2/м^3$) [15, 19].

Розмір зерен по усій висоті фільтруючого шару варто приймати постійного значення, окрім шару, що знаходиться в нижній частині. Розмір зерен в нижній частині приймають більшим від середнього з метою зменшення впливу фільтруючого шару на поруватість колосників. Більших розмірів заповнювач вкладається і на його поверхні з метою поліпшення пропуску стоків.

За характером фільтрувального матеріалу біологічні фільтри поділяють на два види: з об'ємними (зернистий) і пласкими елементами фільтруючого шару.

У біологічних фільтрах в якості об'ємних елементів фільтруючого шару використовують щебінь гірських порід, гальку, шлак, керамзит, спінене скло, а у фільтрах із пласкими елементами – пластмаси.

Біологічні фільтри з об'ємними елементами фільтруючого шару можуть бути краплинними, баштовими і високого навантаження [22, 25].

Краплинні фільтри найбільш прості за конструкцією і засипаються матеріалами дрібних фракцій, що мають розвинуту макропористу поверхню. Об’єм фільтруючого матеріалу фільтрів відрізняється підвищеною концентрацією мікроорганізмів. Недолік краплинних фільтрів – замулювання фільтруючого матеріалу, що зумовлює зниження ступені очищення стічних вод.

Цей недолік усунутий на біологічних фільтрах високого навантаження. В таких біофільтрах збільшено повітрообмін шляхом штучної аерації за допомогою вентиляторів. Для забезпечення повного біологічного очищення стічної води збільшено висоту споруди в порівнянні з краплинними біологічними фільтрами [8].

Краплинні фільтри застосовують при витратах стічних вод до 1000 $м^3$/доб. Біологічні фільтри високого навантаження і баштові біофільтри – до 50 тис. $м^3$/добу, як для повного, так і для неповного біологічного очищення.

Біологічні фільтри з пласкими елементами фільтруючого шару характеризуються більшою окиснювальною здатністю, ніж фільтри з об'ємними елементами фільтруючого шару [1].

Розподіл стічних вод по поверхні прямокутних у плані фільтрів здійснюється стаціонарними зрошувачами, а в круглих фільтрах – обертовими.

Національний університет водного господарства та природокористування

У стаціонарні зрошувачі вода подається періодично з дозуючого пристрою. Для розподілу стічних вод по поверхні біологічних фільтрів невеликої продуктивності використовують дірчасті труби, а як дозуючі пристрої – перекидні жолоби [19].

На очисній станції повинно бути не менше двох і не більше восьми секцій фільтрів (причому, усі вони повинні бути робочими).

В практиці очищення стоків застосовуються також біологічні фільтри, що представляють собою обертові диски, барабани або інші конструкції, частково занурені в стічну воду [5, 17].

Таблиця 4.1

Фракційний склад фільтрувального матеріалу біологічних фільтрів

Тип біологічного фільтра	Залишок % по масі, на контрольних ситах з отворами діаметром, мм					
	70	55	40	30	25	20
Високонавантажувані з щебеневою засипкою	0 – 5	40 – 70	95 – 100	–	–	–
Краплинні з засипкою:						
щебенем	–	–	0 – 5	40 – 70	95 – 100	–
керамзитом	–	–	0 – 8	Не нормується		90 – 100

Примітки: 1. Вміст зерен пластинчастої і кутастої форми в фільтрувальному матеріалі допускається не більше 5%

2. Для нижнього підтримуючого шару висотою 0,2 м у всіх випадках використовується матеріал із розміром зерен 70 – 100 мм.

Усі типи біофільтрів можна класифікувати за величиною навантаження за $БПК_5$ (табл. 4.2) [6,15].

Таблиця 4.2

Параметри біофільтрів

Тип біофільтра	Навантаження за $БПК_5$ г/(м^3×доб)	Гідравлічне навантаження м^3/(м^2×доб)	Товщина шару, м
Біофільтр з малим навантаженням	175–220	1,6–5	1,5–2,5
Біофільтр з середнім навантаженням	300–400	2,4–12	1,5–2,5
Біофільтр з високим навантаженням			
– при повному біологічному очищенні	400–1000	12	2–4
– при частковому біологічному очищенні	1100–1700	12–16	2–4
Біофільтр баштовий			
– при повному біологічному очищенні	800	80	6
– при частковому біологічному очищенні	3000–3800	72–120	6

Стічні води, що подаються на біофільтри, повинні попередньо пройти ступінь механічного очищення на ґратах і в відстійниках, з тим щоб запобігти замулювання фільтруючого шару. З огляду на винесення з очищеною водою відмерлої біоплівки з товщі фільтруючого шару така вода повинна

Національний університет водного господарства та природокористування

відстоюватися у вторинних відстійниках. Інколи в при скиді в річку малої кількості очищених стоків вторинний відстійник не використовують, оскільки присутні в ньому мінералізовані домішки загниванню не піддаються.

Для ефективної роботи біофільтрів слід суворо дотримуватися режиму подачі на них стічної води. В разі необхідності періодичної подачі води на біофільтр ця проблема вирішується шляхом влаштування регулюючого резервуару або шляхом застосування рециркуляції очищених стічних вод. За умов гравітаційного поступлення на очисні споруди стоків після їх попереднього очищення дозування стоків може бути досягнуто шляхом використання сифонних чи перекидних пристроїв, спроможних забезпечити циклічність подачі з частотою 4…12 раз/год [5,19].

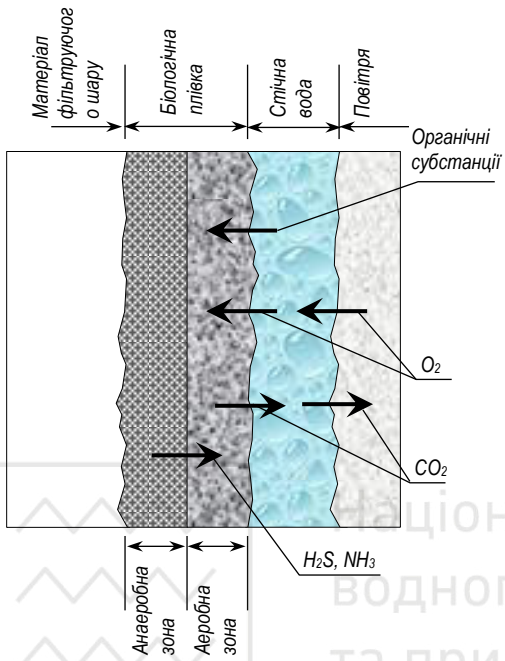


Рис. 4.1. Схема функціонування біологічної плівки зрошуваного фільтруючого шару [23]

Стічні води рівномірно розподіляються по поверхні біофільтра, що досягається завдяки використанню поворотних зрошувачів, системи лотків з отворами або вирізами. Обертальний рух зрошувача може бути забезпечений реактивною силою потоку води, що витікає з отворів зрошувача. На біофільтрах малих розмірів для забезпечення руху розподілювачів необхідно витрачати додаткову енергію.

4.1.2. Краплинні біофільтри

Окисна потужність краплинного біофільтра складає 0,15 – 0,3 кг/(м^3·добу) за знятою *БПК*, гідравлічне навантаження на 1 м^2 поверхні біофільтра – 1 – 3 м^3/добу. У краплинних біофільтрах використовують фільтруючий шар (заповнювач) із розмірами фракцій 25 – 40 мм; робоча висота фільтра 1,5 – 2 м. Нижній підтримуючий шар висотою 0,2 м завантажується матеріалом з розмірами 70 – 100 мм [18,21].

Вентиляція біофільтра природна і відбувається через отвори в його стінах, розташовані рівномірно по периметру міждонного простору. Площа вентиляційних отворів повинна складати не менше 1 % площі біофільтра.

При розрахунку біофільтрів користуються коефіцієнтом *K*

$$K = L_a / L_t , \qquad (4.1)$$

де L_a *–* $БПК_{повн}$ *вихідної стічної води, мг/л;* L_t *–* $БПК_{повн}$ *очищеної стічної води,*

Національний університет водного господарства та природокористування

прийнята рівної 15 мг/л.

Висоту фільтра *H* і гідравлічне навантаження *q* визначають з урахуванням середньо-зимової температури стічної води *T* і обчисленого значення *K*.

БПК$_{повн}$ стічних вод повинна бути не більшою 220 мг/л, а при більшій величині *БПК* варто передбачати їх рециркуляцію. При *БПК*$_{повн}$ ≤220 мг/л рециркуляція необхідна в тому випадку, коли обчислена величина *K* перевищує значення, обчислене за виразом (4.6). Припустиму *БПК*$_{повн}$ суміші вихідної і рециркуляційної стічної води L_c обчислюють за формулою:

$$L_c = K \cdot L_t . \tag{4.2}$$

Коефіцієнт рециркуляції дорівнює:

$$n = (L_a - L_c)/(L_c - L_t) . \tag{4.3}$$

Площу біофільтра *f*, м^2, визначають за формулою:

$$f = Q/q , \tag{4.4}$$

де Q – розрахункова витрата стічних вод, м^3/добу; q – гідравлічне навантаження, м^3/(м^2·добу).

При очищенні стічних вод з рециркуляцією площу біофільтра визначають за виразом:

$$f = Q \cdot (n+1)/q . \tag{4.5}$$

Значення параметра *K* для умов роботи краплинного біофільтра, наведених у СНиП (1≤*q*, м^3/(м^2·добу) ≤3; 8≤*T*,°С ≤14; 1,5≤*H*, м≤2,0), можна обчислити за виразом:

$$K = 0{,}43 \cdot H^{3,6} \cdot T^{1,65 \cdot H^{-2,1}} \cdot q^{-0,94 \cdot H^{-0,9}} \ ^{*}, \tag{4.6}$$

де q – гідравлічне навантаження, м^3/(м^2·доб); T – середньозимова температура стічної води; H – товщина фільтрувального шару біофільтра [15].

Кількість надлишкової біологічної плівки на станціях очищення з краплинними біофільтрами приймається 8 г/добу за сухою речовиною на одну людину, вологість плівки – рівною 96%.

Краплинні біофільтри в залежності від середньорічньої температури зовнішнього повітря і продуктивності станції можуть бути розташованими в опалюваних ($T_{с.р}$≤3°С, *Q*≤500 м^3/добу) чи неопалюваних ($T_{с.р}$≤6°С, *Q*>500 м^3/добу) приміщеннях [20].

Температура повітря в опалювальних приміщеннях повинна бути на 2°С вище середньозимової температури стічної води при 5 – кратному повітрообміні впродовж 1 год.

---

* [15] *та за розрахунками авторів - 8≤T≤14; 1,5≤H≤2; 1≤q≤3.*

Національний університет водного господарства та природокористування

4.1.3. Біофільтри високого навантаження та баштові біофільтри

Біофільтри високого навантаження відрізняються від краплинних більшою окисною потужністю, рівною 0,75 – 2,25 кг/(м^3·добу *БПК*), обумовленою кращим обміном повітря і незамулюванням фільтрувального шару. Досягається це застосуванням фільтрувального матеріалу з розмірами щебеню 40 – 70 мм, товщиною *H* шару до 2 – 4 м і *q* до 10 – 30 м^3/(м^2·добу) [15].

Біофільтри високого навантаження можуть бути з природною і штучною (аерофільтри) аерацією. Повітря з питомою витратою 8 – 12 м^3 на 1 м^3 води подається вентиляторами під тиском 100 мм. вод ст. (981 Па) в міждонний простір аерофільтрів. Для запобігання втрати повітря на відвідних трубопроводах влаштовують гідравлічні затвори глибиною 200 мм.

Висоту аерофільтра *H*, гідравлічне навантаження *q*, питому витрату повітря *B* визначають у залежності від середньозимової температури стічної води *T* і обчисленого значення *K*.

Для значень *T* нижче 8°С (до 6°) і вище 14°С (до 30°) величину *K* визначають за формулою

$$K = 10^{\alpha F+\beta}, \tag{4.7}$$

де $F = HB^{0,6}K_T/q^{0,4}$ *– критеріальний комплекс:* $K_T = 0{,}2 \times 1{,}047^{T-20}$ *– константа споживання кисню;* α *і* β *– коефіцієнти, прийняті в залежності від питомої витрати повітря і величини критеріального комплексу; H – товщина фільтрувального шару біофільтра, м; B - питома витрата повітря, м^3/м^3.*

Табл..4.3

Значення коефіцієнтів α *і* β

B, м^3/м^2	*F*	α	β
8	<0,662	1,51	0
	>0,662	0,47	0,69
10	<0,85	1,2	0,13
	>0,85	0,4	0,83
12	<1,06	1,1	0,19
	>1,06	0,2	1,15

Найбільша БПК$_{повн}$ стічних вод, що подаються на аерофільтри без рециркуляції, допускається 300 мг/л; якщо вихідна вода має більший показник БПК$_{повн}$, то необхідно передбачати рециркуляцію, визначаючи її коефіцієнт за формулою (4.3).

Площу аерофільтрів визначають виходячи з добової кількості стічної води і гідравлічного навантаження при очищенні без рециркуляції за формулою (4.4), при очищенні з рециркуляцією – за формулою (4.5).

Остаточно параметри аерофільтра вибирають на підставі техніко-економічного порівняння. Розрахунок аерофільтрів для очищення виробничих стічних вод може проводитися за описаною методикою або за окисною потужністю і іншими параметрами, обґрунтованими експериментальним шляхом.

Висота завантаження баштових біофільтрів при БПК$_{20}$ стічної води 250, 300, 350, 450 і 500 мг/л приймається відповідно 8, 10, 12, 14 і 16 м. Такі біофільтри можуть бути одно– і двоступінчастими При наявності другого

ступеня влаштовують проміжний відстійник з періодом перебування води 1 год. Розмір фракцій завантаження приймається 40 – 100 мм. Завантаження розміщається на колосникових ґратах шарами по 2 – 4,5 м. Відношення діаметра шахти до її висоти складає 1:6 – 1:8. висота піддона дорівнює 0,4 м. Аерація завантаження – природна.

Навантаження, яке допускається на баштовий біофільтри [6]:

$$L_{\text{БПК}} = 0{,}0005 L_{\text{БПК}_{20}}^{1{,}8} \text{T}^{7{,}6 L_{\text{БПК}_{20}}^{-0{,}7}} \text{ *}. \qquad (4.8)$$

Кількість біологічної плівки, що вимивається, приймається, як і для біофільтрів високого навантаження, рівним 28 г/добу на одну людину, вологість плівки – 96%.

4.1.4. Біофільтри з заповнювачем із полімерних матеріалів

Фільтруючий шар із полімерних матеріалів має велику пористість (73 – 99%), завдяки чому забезпечуються кращі умови обтікання біологічної плівки повітрям і відповідно підвищуються продуктивність споруд. Окисна потужність таких біофільтрів за знятою *БПК* може сягати при повному очищенні 2,7 кг/(м^3·добу), а при неповному – 4,5 – 7 кг/(м^3·добу) [10, 11].

Найбільший техніко-економічний ефект може бути отриманий при використанні біофільтрів з фільтруючим шаром із полімерних матеріалів (рис.4.2) для неповного біологічного очищення на першому ступені двоступінчастого біологічного очищення, а також при очищенні стічних вод від невеликих міст, селищ, промислових підприємств і інших об'єктів.

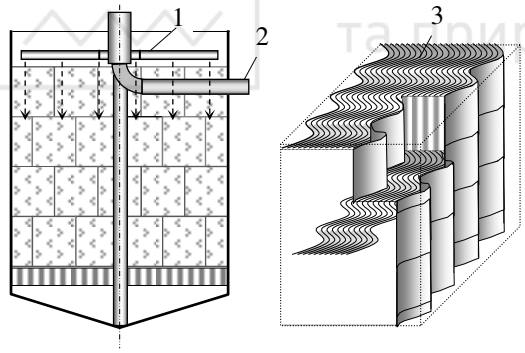


Рис. 4.2. Біофільтр із полімерним заповнювачем:
1 – реактивний зрошувач; 2 – трубопровід подачі; 3 – блок завантаження з гофрованих пластин поліетилену.

Фільтруючий шар таких біофільтрів виготовлюють у вигляді кілець, обрізків труб, ґрат, блоків, рулонів тощо. Біофільтри розміщують в опалюваних приміщеннях. $БПК_{повн}$ стічних вод приймають не більше 250 мг/л. Робоча висота фільтруючого шару – 3 – 4 м. Аерація фільтруючого шару – природна.

В Польщі розроблено полімерний заповнювач "*Klarpak*". Він представляє собою просторово-орієнтовану структуру із ПВХ і виконується у вигляді блоків з розміром 0,6 × 1,2 × 0,6 м. Питома поверхня заповнення 120-200 м^2/м^3 [25]. Цей заповнювач є "самонесучий", і не передає навантаження на огороджувальні конструкції. Основні розміри фільтруючого заповнювача

*[15] *та за розрахунками авторів - $20 \le БПК_{20} \le 50$; $8 \le T \le 14$.*

наведено в табл. 4.4.

Таблиця 4.4

Характеристика біофільтра системи „Uniklar 77" [25]

Найменування параметра	Тип споруд											
	ZBSm-6			ZBSm-12			ZBSm-18			ZBSm-21		
Діаметр D, м	6			12			18			21		
Висота шару H, м	3,0	3,5	4,0	3,0	3,5	4,5	3,0	3,5	4,5	3,0	3,5	4,5
Висота конструкції A, м	5,1	5,7	6,0	5,1	5,7	6,6	5,1	5,7	6,6	5,1	5,7	5,6
Площа зрошення, $м^2$	30			90			220			300		

Огороджувальні конструкції біофільтрів виконують циліндричної або прямокутної форми в залежності від способу очищення стоків. Раніше вважалося, що огороджувальні конструкції повинні мати ажурну форму, що мало б сприяти насиченню фільтруючого шару киснем. Але досвід експлуатації показав, що ці сподівання були невиправданими, оскільки суцільність огороджувальних конструкцій сприяє стабілізації температури та інтенсивності руху повітря через товщу фільтруючого шару.

Матеріал огороджувальних конструкції – монолітний або збірний залізобетон, інколи з цегла, сталь, штучні матеріали. Форма і товщина стінки залежить від фільтруючого матеріалу. При використанні самонесучих заповнювачів з полімерних матеріалів стіни огороджувальних конструкцій можуть бути дуже легкими і виконувати функцію теплоізоляції.

Розподілювачі виконуються з дерева, сталі або алюмінію. Рівномірність розподілу води значною мірою залежить від якості виконання розподілювачів. Слід брати під увагу, що під час роботи, отвори розподілювачів можуть зарости, зумовлюючи нерівномірність розподілу стічних вод.

Використання поворотних розподілювачів є достатньо ефективним способом розподілу стоків. Якісна робота окремих типів зрошувачів (зрошувачі конструкції „*Zoro*") достатньо залежна від сталості тиску води (0,012-0,02 МПа).

З огляду на простоту експлуатації і конструктивного виконання класичні біофільтри отримують поширення для очищення стічних вод малих поселень та промислових підприємств. Однак для ефективної їх роботи вони повинні мати рівномірне навантаження впродовж доби.

4.1.5. Розрахунок зрошувальних систем біофільтрів

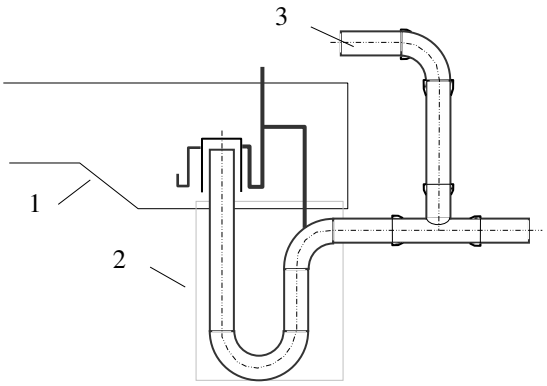
Система стаціонарних зрошувачів, що розприскують, складається з дозуючого бака, розвідної мережі і спринклерів. Необхідна кількість спринклерів визначають у залежності від діаметрів їхніх отворів, прийнятих рівними 18 – 32 мм, з врахуванням початкового вільного напору на спринклері. Початковий вільний напір на спринклері приймається близько 1,5 м, висота розташування голівки над поверхнею завантажувального матеріалу – 0,15 – 0,2 м.

Радіус зрошення спринклером *R*, м, складає

Національний університет водного господарства та природокористування

$$R = 0{,}62\sqrt{f}\ . \qquad (4.9)$$

Спринклери розташовують по поверхні біофільтра в шаховому порядку з відстанню між рядами 1,5 *R* і між спринклерами в ряді 1.73 *R*.



Дозуючий бак із сифоном і гідравлічним затвором (рис. 4.3) виконується у вигляді перекинутої усіченої піраміди, що дозволяє змінювати витрату зі спринклера з метою рівномірного зрошення всієї площі біофільтра.

Рис. 4.3. Дозуючий бак із сифоном і гідравлічним затвором:
1 – дозуючий бак; 2 – сифон; 3 – переливна труба

Обертові (реактивні) зрошувачі складаються з розподільного стакана в центрі і радіальних труб з отворами.

Необхідний напір перед зрошувачем *H*, м, визначають за виразом:

$$H = q^2\left(256 \times \frac{10^3}{m^2 d^2} - 81 \times \frac{10^3}{D_{\text{тр}}^4} + 294 \times \frac{D_{зр}}{K^2} \times 10^6\right), \qquad (4.10)$$

де Q – розрахункові витрати стічних вод, л/с; m – кількість отворів в кожній радіальній трубі зрошувача; d – діаметр отворів, мм; $D_{\text{тр}}$ – діаметр радіальних труб, мм; $D_{\text{зр}}$ – діаметр зрошувальної системи, мм, рівний діаметру біофільтра зменшеному на 200 мм; K – модуль витрат, л/с

Швидкість руху стічної води в розвідній мережі приймається ~ 0,75 м/с, у магістральній трубі – до 1 м/с. Мережа укладається на глибині 0,7 – 0,8 м у завантажувальному матеріалі [6,20].

Діаметр радіальних труб зрошувача, $D_{\text{тр}}$, мм	50	63	75	100	125	150	175	200	250
Модуль витрати, *K*, л/с	6	11,5	19	43	86,5	134	200	300	560

Швидкість руху води на початку радіальних труб варто приймати не менш 0,5 і не більш 1 м/с, швидкість витікання рідини з отворів – не менш 0,5 м/с, діаметр отворів – не менш 10 мм.

Кількість отворів в одному плечі зрошувача складає:

$$m = 1/\left[1 - \left(1 - \frac{2a}{D}\right)^2\right], \qquad (4.11)$$

де a – відстань між двома останніми отворами, мм.

Відстань від будь-якого отвору до осі зрошувача *r*, м, дорівнює

Національний університет водного господарства та природокористування

$$r = R \cdot \sqrt{i/m}\,, \tag{4.12}$$

де R – радіус зрошувача, м; і – порядковий номер отвору від осі зрошувача.

Частота обертання зрошувача, об/хв, дорівнює

$$n = \frac{34{,}78 \cdot q \cdot 10^6}{m \cdot d^2 \cdot D_{зр}}\,, \tag{4.13}$$

де m – кількість отворів в одному плечі зрошувача; $D_{зр}$ – діаметр зрошувальної системи, дорівнює діаметрові біофільтра за винятком 200 мм.; d – діаметр отворів, мм; q – розрахункова витрата стічних вод, л/с.

Біофільтр з заповнювачем з торфу [29]. Традиційні біофільтри менш придатні для очищення стічних вод зі значною нерівномірністю їх притоку, проте за якістю подібних до якості побутово-господарських. При застосуванні регулюючих резервуарів відбувається процес гниття осадів. Вирішенню проблеми може сприяти застосування торфу в якості фільтруючого матеріалу для біофільтрів малої продуктивності. Такий матеріал, зберігаючи тривалу життєдіяльності біоценозу, забезпечує достатню ефективність очищення стоків, що нерівномірно притікають (рис. 4.4).

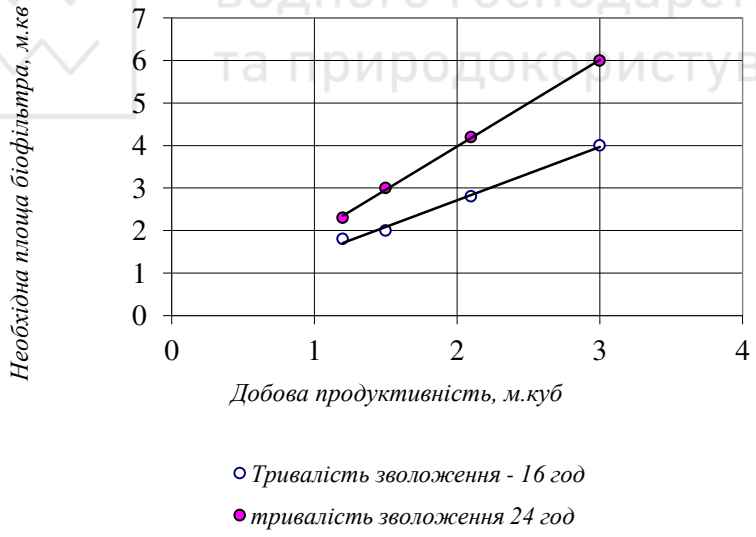


Рис. 4.4. Необхідна площа біофільтра з торфовим наповнювачем

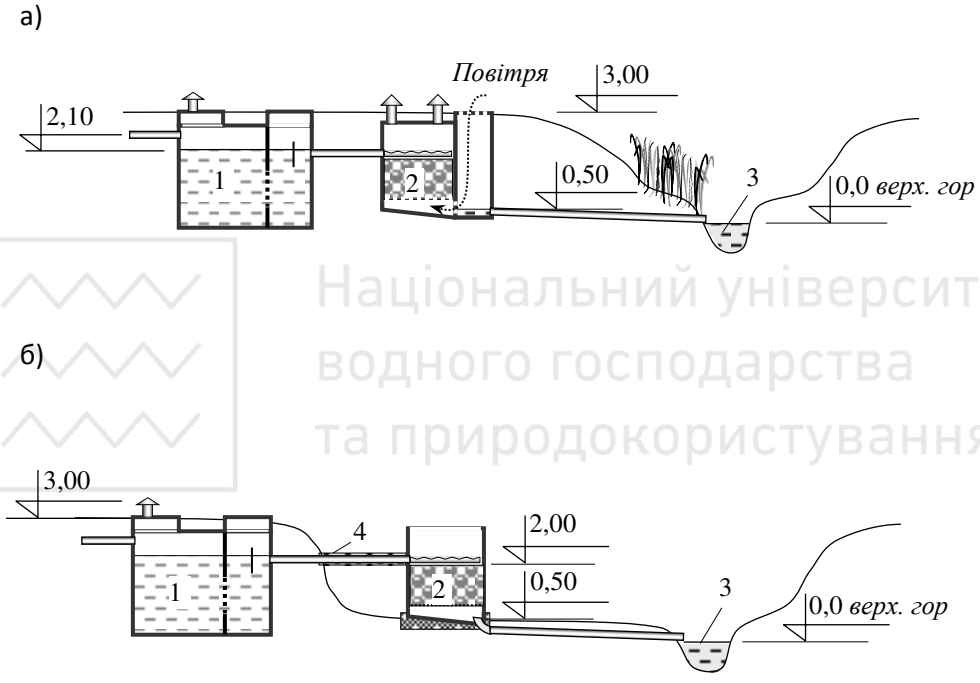
У таких біофільтрах торф розміщують в пластикових контейнерах, розташованих на колосниках. Розміри контейнерів складають – *a* × *b* × *h*= 30 × 40 × 25 см.

Щоб забезпечити хорошу аерацію фільтруючого шару, в дні і бічних

Національний університет водного господарства та природокористування

стінках контейнерів влаштовують отвори діаметром 1 см, загальна площа яких становить 15% від площі стін контейнера. Висоту фільтруючого шару приймають 1,0 м, при цьому 2/3 займає торф, а 1/3, розташовану в нижній частині контейнера – пісок. Основне завдання нижнього шару піску - запобігання виносу дрібних часточок торфу з профільтрованою водою.

Схема такої установки очищення стоків включає в себе біофільтр і ступінь попереднього механічного очищення - двокамерний септик чи відстійних Імгоффа. Високий ступінь очищення стічних вод на таких спорудах дозволяє відводити воду в водойму чи в ґрунт.



4.5. Схема очисної споруди малої продуктивності при гравітаційному притоці стічних вод: а) розташування підземне, b) розташування наземне:

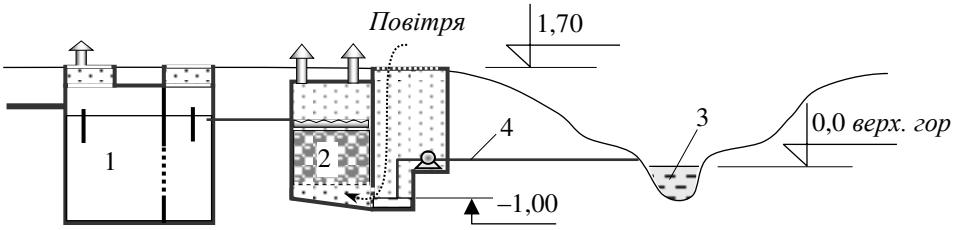
1 – септик, 2 – біофільтр (шар торфу), 3 – відведення очищених стічних вод, 4 – трубопровід з тепловою ізоляцією

З огляду на висотне розташування об’єкту розрізняють схеми: а) розташування об’єкту під землею, б) розташування об’єкту на поверхні землі Приклади самопливних систем представлені на рис. 4.5, схем з насосними станціями – на рис.4.6.

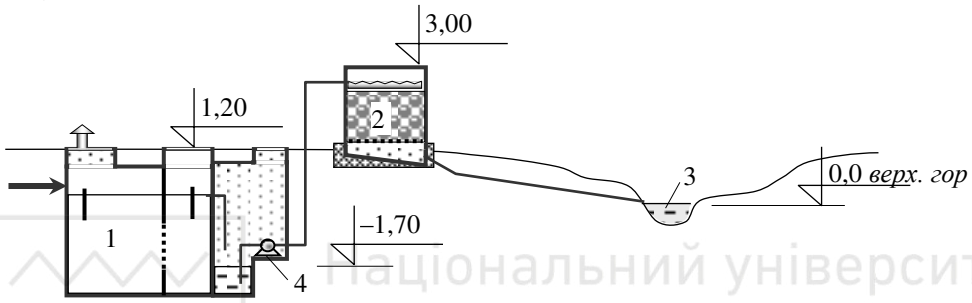
Необхідна площа поверхні фільтраційного шару з торфу в умовах біологічного очищення стічних вод малої продуктивності наведена на рис. 4.5.

Для усунення можливості формування в торфі кислих стоків можна використовувати випалений доломіт. Він розміщується на дні в кожному контейнері. Товщина шару доломіту може бути рівною 5-6 см.

а)



б)



4.6. Схема очисних споруд малої продуктивності з насосними станціями: а) розташування підземне, б) розташування наземна 1 – септик, 2 – біофільтр (шар торфу), 3 – відведення очищених стічних вод, 4 – насос

4.1.6. Дискові біофільтри

Дискові біофільтри відомі з Х1Х ст. і почали активно запроваджуватись з 60 років минулого століття (рис.4.7) [17,25].

Дискові біофільтри включають ряд розташованих на відстані в 20 мм один від одного дисків, закріплених на горизонтальному валу, розміщених в напівциліндричній ємності. Диски на 0,4 діаметру занурені у стічну воду. Під час примусового обертання дисків (2-10 об/хв) на їх поверхні формується шар біоплівки товщиною 3-5 мм, яка бере активну участь в очищенні стоків. Обертання дисків супроводжується перемішуванням стоків в об'ємі установки, забезпечує їх контакт з повітрям і з стічними водами, сприяє регулюванню товщини біоплівки. Відірвана з поверхні диска біоплівка разом з очищеною водою відводиться у вторинний відстійник. Швидкість споживання кисню і час контакту біоплівки з стічною водою можна регулювати шляхом зміни швидкості обертання дисків (рис.4.8) [16].

Стічна вода надходить у корито з напівкруглим днищем через впускний отвір або перелив, що влаштовується уздовж однієї сторони, розташованої перпендикулярно дискам, а відводиться через отвір або перелив з протилежної сторони. Іноді стічна вода впускається і випускається через стінки, розташовані паралельно дискам, що дозволяє всім дискам працювати

послідовно.

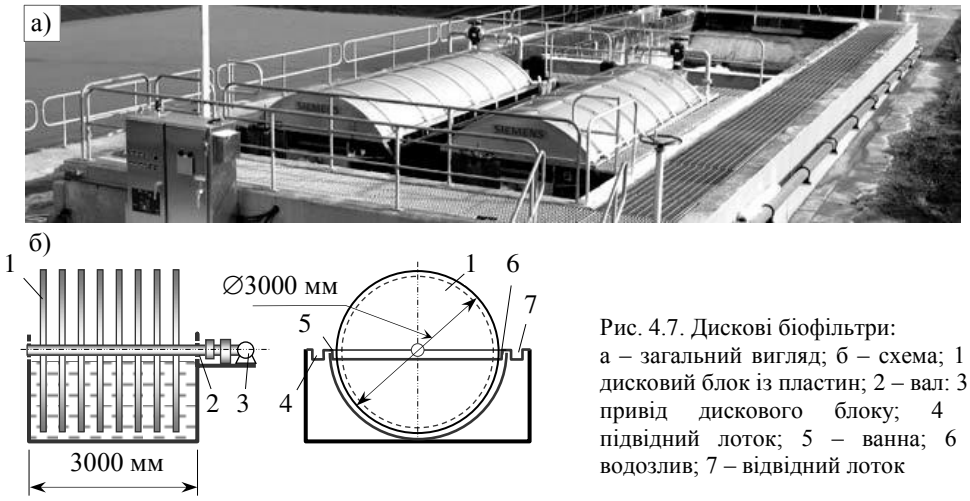


Рис. 4.7. Дискові біофільтри:
а – загальний вигляд; б – схема; 1 – дисковий блок із пластин; 2 – вал: 3 – привід дискового блоку; 4 – підвідний лоток; 5 – ванна; 6 – водозлив; 7 – відвідний лоток

Дискові біофільтри розраховують, виходячи з навантаження *БПК* на 1 м^2 поверхні диска 7 – 100 г/добу. При цьому для досягнення ступеня очищення, рівного 60%, навантаження приймається 80 г/добу при розташуванні дисків в один-два ступені, для одержання ефективності очищення 80% – 40 г/добу при розташуванні дисків у два-три ступені і ефективності очищення 90% – 20 г/добу при розташуванні дисків у три-чотири ступені. Діаметр диска приймається 2 – 3 м, частота його обертання 1 – 40 об/хв, відстань між дисками 15 – 20 мм, зазор між днищем і дисками 25 – 50 мм.

Затриманий в установці осад стабілізується в анаеробних умовах, під робочою камерою в вторинному відстійнику (рис.4.8). В схемі очищення стоків можуть бути передбачені технічні рішення з ущільнення осадів, в яких останні можуть зберігатися до часу їх вивозу на утилізацію. Згущений осад можна використовувати як добриво для сільськогосподарських культур.

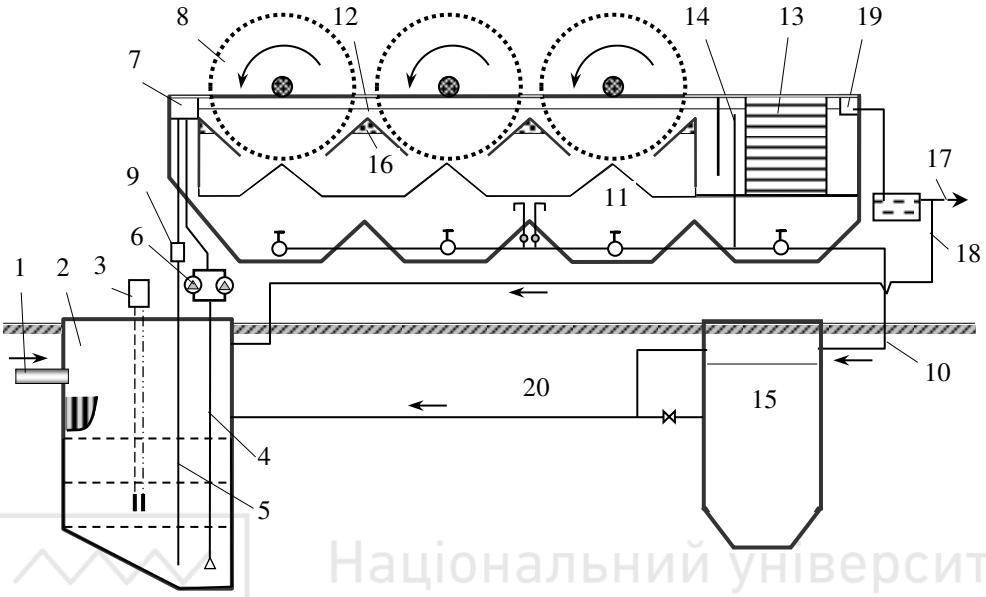
Установка з дисковими біофільтрами може працювати в схемі з септиками, відстійниками Імгоффа.

Технічні параметри контейнерної станції обладнаної дисковими біофільтрами [24]:

- потужність 40-60 м^3/доб (номінальна потужність 50 м^3/доб);
- маса нетто 8500 кг;
- ефект очищення за $БПК_5$ 90-95% (з початковим $БПК_5 \leq$ 400 мг O_2/дм^3);
- площа поверхні дисків 730 м^2;
- необхідна площа під будівлю 120-150 м^2.

Дискові біофільтри характеризуються доволі низьким енергоспоживанням та мають відносно високу технологічну інерцію, завдяки регулюючій ємності

та рециркуляції стічних вод.



4.8. Технологічна схема з дисковими біофільтрами для очищення стічних вод:
1 – підвідний канал; 2 – усереднюючий резервуар; 3 – пульт управління; 4 – всмоктувальний трубопровід; 5 – трубопровід рециркуляції; 6 – насос; 7 – жолоб рівномірного розподілу води; 8 – диск; 9 – сопло аерації; 10 – колектор відведення осаду; 11 – камери анаеробної стабілізації осаду; 12 – робоча камера; 13 – вторинний відстійник оснащений горизонтальними багатопотоковими пакетами; 14 - жолоб збору плаваючого шламу з робочої камери; 15 – додатковий збірник згущувач 6-8 м^3; 16 – збірник газу; 17 – трубопровід відведення очищеної води; 18 – трубопровід циркуляційний; 19 – відвід стічних вод; 20 – трубопровід надосадових вод

4.2. Аеротенки

4.2.1. Загальні положення

Біологічне очищення стічних вод в аеротенках відбувається в результаті життєдіяльності мікроорганізмів активного мулу. Стічна вода безупинно перемішується і аерується до насичення киснем повітря. Активний мул має вигляд суспензії мікроорганізмів, здатної до флокуляції.

При біологічному очищенні стічних вод протікають два процеси – сорбція забруднень активним мулом і їхнє внутрішньоклітинне окислювання мікроорганізмами. Швидкість сорбції значно перевищує швидкість біоокислення, тому після закінчення процесу сорбції і досягнення необхідного ефекту очищення за *БПК* відокремлений у відстійнику мул направляють у регенератор (секцію аеротенка) з метою біоокислення залишкових забруднень стічних вод [3,13].

Регенерацію мулу передбачають при $БПК_{повн}$ стічної води, що потрапляє в аеротенк, більше 150 мг/л або при меншій *БПК*, коли стічні води містять

шкідливі виробничі домішки.

У залежності від способу введення стічних вод і активного мулу, методу аерації і компонування аераційних споруд із вторинними відстійниками розрізняють наступні типи аеротенків (табл. 4.5) *[6].

Двоступінчата схема очищення, що включає аеротенки і вторинні відстійники після кожного ступеня, застосовується для очищення концентрованих стічних вод ($БПК_{повн}$ більш 1000 мг/л) або вод, що містять важкоокислювані домішки. Для першого ступеня доцільно використовувати аеротенки-змішувачі, для другої – витиснювачі [20].

Об'єднання аеротенка з відстійником дозволяє збільшити рециркуляцію мулової суміші без застосування спеціальних насосних станцій, поліпшити кисневий режим у відстійнику і підвищити дозу мулу до 3 – 5 г/л, відповідно збільшивши окисну потужність споруд.

Аерація і перемішування води в аеротенках можуть здійснюватися пневматичними, механічними, пневмомеханічними, струминними аераторами. Пневматична аерація застосовна для всього діапазону продуктивності аеротенків; механічна аерація виявляється рентабельною для споруд малої і середньої потужності: струминні аератори доцільно використовувати в малих спорудах очищення.

Якщо загальний коефіцієнт нерівномірності надходження стічних вод в аеротенки не перевищує 1,25, то об'єм аеротенків визначають за середньогодинним впродовж доби припливом стічної води; при більшому коефіцієнті нерівномірності – за середньогодинним надходженням стічних вод в аеротенки в години максимального притоку. Кількість циркуляційного активного мулу при визначенні об'єму аеротенків не враховується.

Тривалість аерації *t*, год, в аеротенках визначають

$$t = (L_a - L_t)/[a \cdot (1-S) \cdot \rho] \ , \qquad (4.12)$$

де L_a – $БПК_{повн}$ стічної води на вході в аеротенк, мг/л; L_t – $БПК_{повн}$ очищеної води, мг/л; а – доза мулу, г/л; для побутових стічних вод (в аеротенку без регенератора $a = 0{,}019L_a^{0{,}9}$, *в аеротенку-відстійнику* $a = 0{,}28L_a^{0{,}5}$ *- $100 \le L_a \le 200$; S – зольність мулу, у частках одиниці; для аеротенків на повну і неповну очистку варто приймати S=0,3; ρ – середня швидкість окислювання забруднень, мг $БПК_{повн}$ на 1 г беззольної речовини мулу за 1 год* $\rho = 15{,}3L_a^{-0{,}37}L_t^{0{,}23L_a^{0{,}23}}$ **[6]* .

Для деяких видів аеротенків зольність може мати інше значення. Так, при введенні перед аеротенком реагентів з метою видалення зі стічних вод фосфору, зольність залежить від дози реагентів.

---

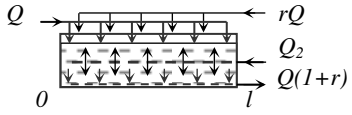
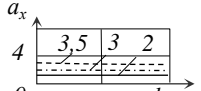
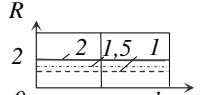
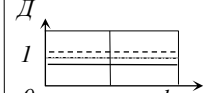
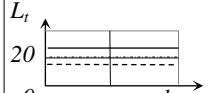
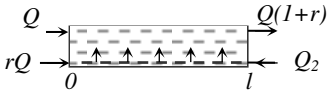
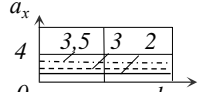
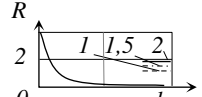
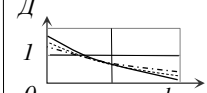
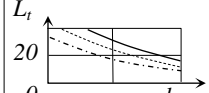
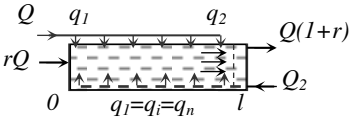
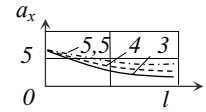
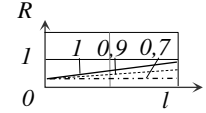
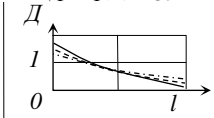
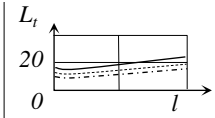
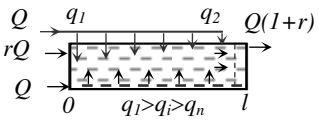
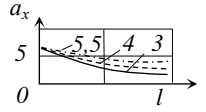
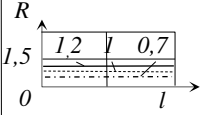
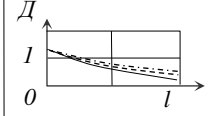
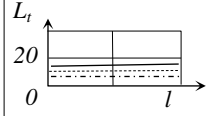
*Примітка. *В таблиці 4.5 прийняті наступні умовні позначки: Q – витрата стічних вод; l – довжина аеротенка; n – число впусків стічних вод; x – поточна координата по осі l; q – витрата стічних вод для окремого впуску: суцільні лінії r=0,33, штрих-пунктирні – r=0,5 і пунктирні – r=1*

*[6] *та за розрахунками авторів - $100 \le L_a \le 500$, $15 \le L_t \le 50$.*

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Таблиця 4.5

Умови роботи аеротенків різного типу *

Тип аеротенка	*Концентрація активного мулу, a_x, г/л*	*Навантаження на мул, R кг/(кг×доба)*	*Дефіцит кисню, Д*	*Залишкові забруднення, L_t мг/л*
Аеротенк - змішувач 				
Аеротенк - витиснювач 				
Аеротенк з розосередженим впуском стічної води 	*А) рівномірного змішування ($q_1 = q_n = Q/n$)* *Б) послідовного змішування ($q_1 < q_{n-1}) + Q_o$* 			
Аеротенк з нерівномірно розосередженим впуском стічної води 				

Національний університет водного господарства та природокористування

Для аеротенків з регенераторами доза мулу a_c, г/л, приймається середньозваженою, тобто:

$$a_c = (a_a \cdot W_a + a_p \cdot W_p)/(W_a + W_p), \quad (4.13)$$

де a_a, a_p – доза мулу в аеротенку і регенераторі, г/л; W_a, W_p – об'єм аеротенка і регенератора, м^3.

При значному збільшенні дози мулу швидкість окислювання забруднень ρ знижується, при введенні реагентів перед аеротенком спостерігається зміна швидкості вилучення забруднень [5,12]. При розрахунку аеротенків з регенераторами тривалість аерації суміші стічної води і циркуляційного мулу t_a, год, власне в аеротенку визначається за формулою

$$t_a = \frac{2,5}{\alpha_a^{0,5}} \ln \frac{L_a}{L_t}. \quad (4.14)$$

Частка циркуляційного мулу від розрахункового притоку складе

$$\alpha = a_a/(a_p - a_a). \quad (4.15)$$

Для аеротенків-витиснювачів і аеротенків-змішувачів дозу мулу в аеротенку рекомендується приймати 1,5 г/л, у регенераторі – 4 г/л.

Тривалість окиснення знятих забруднень t_o, год, визначається за формулою

$$t_o = (L_a - L_t)/[\alpha \cdot a_p \cdot (1-S) \cdot \rho]. \quad (4.16)$$

Тривалість регенерації мулу t_p, год, визначається як різниця

$$t_p = t_o - t_a. \quad (4.17)$$

Об'єм, власне аеротенка дорівнює

$$W_a = t_a \cdot q \cdot (1+\alpha), \quad (4.18)$$

де q – годинна витрата стічних вод.

Об'єм регенератора дорівнює

$$W_p = \alpha \cdot t_p \cdot q. \quad (4.19)$$

Розрахункова тривалість перебування стічної води в аеротенку:

$$t = t_a \cdot (1+\alpha) + t_p \alpha. \quad (4.20)$$

Приріст мулу $П_p$, мг/л, в аеротенках визначають за формулою

$$П_p = 0,8 \cdot B + 0,3 \cdot L_a, \quad (4.21)$$

де B – кількість завислих речовин у стічній воді, що надходить в аеротенк, мг/л.

Національний університет водного господарства та природокористування

Питома витрата повітря D, м^3/м^3, в аеротенках визначається за виразом

$$D = \frac{Z \cdot (L_a - L_t)}{K_1 \cdot K_2 \cdot n_1 \cdot n_2 \cdot (C_p - C)}, \quad (4.22)$$

де Z – питома витрата кисню, мг на 1 кг знятої БПК$_{повн}$: для повного очищення Z приймається рівним 1.1 мг/мг, для неповної – 0,9 мг/мг; K_1 – коефіцієнт, що враховує тип аератора (для середньопухирцевих аераторів, а також для систем низьконапірної аерації K_1 приймається рівним 0,76; K_2 – коефіцієнт, що залежить від глибини занурення аераторів h – $K_2 = 0{,}83h^{0{,}8}$*; n_1 – коефіцієнт, що враховує температуру стічних вод:*

$$n_1 = 1 + 0{,}02 \cdot (t_{cp} - 20), \quad (4.23)$$

де t_{cp} – середньомісячна температура води за літній період, ^oC; n_2 – коефіцієнт, що враховує відношення швидкості переносу кисню в муловій суміші до швидкості переносу його в чистій воді: для побутових стічних вод n_2=0.85, при наявності СПАР n_2 визначається: $n_2 = 0{,}55 + 0{,}44f/F$, $K_1 = 2{,}28(f/F)^{0{,}18}$, $l_{max} = 100f/F$, $l_{min} = 22{,}3h^{-1{,}3}$*; f/F – співвідношення площі зони аерації до площі аеротенка; C_p – розчинність кисню повітря у воді, мг/л,* $C_p = C_m(10{,}3 + h/2)/10{,}3$*; C_m – розчинність кисню повітря у воді в залежності від температури і тиску, прийнята по таблицях розчинності кисню повітря у воді; C – середня концентрація кисню в аеротенку, мг/л, прийнята рівною 2 мг/л.*

Площа аераційної зони f залежить від площі, займаної аераторами, причому для дрібнопухирцевих аераторів відстані між ними до 0,3 м включаються в площу аераційної зони.

Інтенсивність аерації *I*, м^3/(м^3·год), буде дорівнює

$$I = D \cdot H / t, \quad (4.24)$$

де H – робоча глибина аеротенка. м.

4.2.2. Конструкції аеротенків

Технологічними особливостями **аеротенка-змішувача** є розосереджена подача води і активного мулу і розосереджений відвід мулової суміші по всій довжині споруди, що забезпечує моментальне перемішування стічних вод і активного мулу, підтримує постійними склад мулової суміші і швидкість процесу окислювання у всьому об'ємі аеротенка (рис. 4.9).

Аеротенки-змішувачі можна використовувати для очищення висококонцентрованих стічних вод (*БПК$_{повн}$* до 1000 мг/л, при *pH*=6 – 9), на них менше позначається вплив токсичних речовин і різких коливань витрат. У зв'язку з цим аеротенки-змішувачі рекомендується застосовувати для

очищення міських стічних вод з домішками значної кількості промислових стічних вод, що містять токсичні органічні речовини в припустимих межах [4,14].

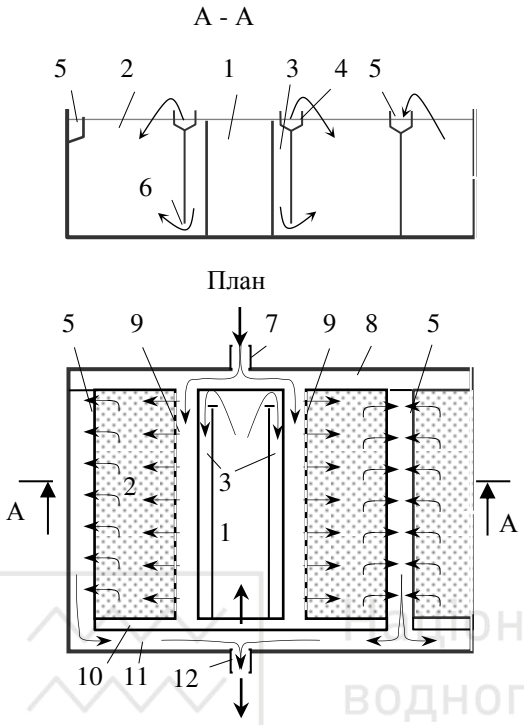


Рис. 4.9. Схема аеротенка-змішувача:
1 – регенератор; 2 – аеротенки: 3 – розподільчі канали активного мулу; 4 – розподільчі канали відстояної води; 5 – збірні лотки очищеної води; 6 – вхідні отвори активного мулу: 7 – підвідний канал; 8 – розподільний канал проясненої води; 9 – впуск проясненої води в аеротенк; 10 – верхній канал активного мулу; 11 – збірний канал очищеної води; 12 – відвідний канал.

Для очищення висококонцентрованих стічних вод аеротенки-змішувачі доцільно застосовувати і якості першої ступені, а аеротенки-витиснювачі – на другій ступені.

Розрахунок аеротенків-змішувачів проводиться за середньою швидкістю окислювання органічних забруднень.

Аеротенки-витиснювачі, на відміну від аеротенків інших типів (аеротенків-змішувачів і аеротенків проміжного типу) – це споруди, у яких стічна вода поступово переміщається від місця впуску до місця її випуску. При цьому практично не відбувається активного перемішування свіжої стічної води з стічною водою, що надійшла раніше. Процеси, які протікають у цих спорудах, характеризуються перемінною швидкістю реакції, оскільки концентрація органічних забруднень зменшується за ходом руху води. Аеротенки-витиснювачі досить чутливі до зміни концентрації органічних речовин у воді, особливо до залпових надходжень зі стічними водами токсичних речовин, тому такі споруди рекомендується застосовувати для очищення міських і близьких за складом до побутових промислових стічних вод.

До **аеротенків-відстійників** відносять аеротенки, поєднанні з вторинними відстійниками, у яких відбувається утворення завислого шару мулу, завдяки чому досягається більш високий ефект прояснювання мулової суміші і можливість підвищення в аеротенках робочої концентрації активного мулу. Аеротенки-відстійники рекомендується застосовувати на станціях біологічного очищення стічних вод продуктивністю до 50 тис, м^3/добу. Завдяки внутрішній циркуляції активного мулу між зонами аерації і відстоювання не потрібно зовнішньої системи повернення мулу (мулові насосні станції, мулопроводи, канали і т.д.), що забезпечує компактність споруд. Крім того, у відстійній зоні таких аеротенків не утворюються «мертві

Національний університет водного господарства та природокористування

зони», де активний мул може накопичуватися, загнивати і спливати.

Аеротенк-відстійник з циркуляцією активного мулу – резервуар, розділений на зони аерації і відстоювання похилою (під кутом 65 – 70°) перегородкою, що не доходить до дна (рис.4.10). По всій довжині в нижній частині перегородки передбачається струмененапрямний козирок, який спускається в зону аерації під кутом 45° [8]. Стічна вода через впуски, розміщені на відстані 4 – 5 м, розосереджено подається в зону аерації, де вона в суміші з активним мулом продувається повітрям. З зони аерації мулова суміш через придонну щілину під похилою перегородкою надходить у зону відстоювання і, пройшовши зважений шар мулу, віддаляється зі споруди.

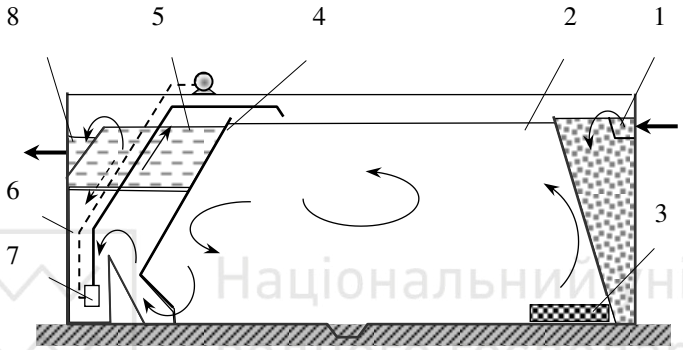


Рис. 4.10. Аеротенк-відстійник із примусовою циркуляцією активного мулу:
1 – подача стічної води: 2 – зона аерації; 3 – фільтросні канали для подачі повітря; 4 – розділова перегородка зі струмененапрямним козирком: 5 – зона відстоювання; 6 – муловий бункер, 7 – ерліфт; 8 – відвідний лоток очищеної води

Для примусової циркуляції активного мулу в зоні відстоювання передбачаються мулові бункери, у які надходить активний мул верхньої частини завислого шару, звідки він відкачується ерліфтами в зону аерації. Відстань між бункерами приймається 4 – 5 м. Їхні верхні крайки розташовуються горизонтально на 0,5 м нижче поверхні завислого шару мулу, стінки повинні мати нахил не менш 60°. Випуск циркулюючого мулу в зону аерації зміщений у плані по відношенню до впуску стічної води.

Різновидом аеротенка-відстійника є **аероакселатор**, що має вигляд круглої в плані споруди. Прояснені стічні води надходять у нижню частину зони аерації, куди пневматичним або пневмомеханічним способом подається повітря, що забезпечує процес біохімічного окислювання, а також створює циркуляційний рух рідини в цій зоні і підсмоктування мулової суміші з циркуляційної зони відстійника. З зони аерації мулова суміш через затоплені регульовані переливні вікна надходить у повітровідокремлювач і далі в циркуляційну зону відстійника. Значна частина мулової суміші через щілину повертається в зону аерації, а очищені стічні води, що відводяться, через шар завислого осаду надходять у відстійну зону, відкіля через круговий збірний лоток видаляються зі споруди.

4.2.3. Аеротенки-прояснювачі

Аеротенки-прояснювачі призначені для очищення побутових і близьких до них за складом промислових стічних вод з концентрацією забруднень за $БПК_{повн}$ до 500 мг/л, за завислими речовинами – до 150 мг/л на очисних станціях продуктивністю 1,4 –280 тис, $м^3$/добу. При застосуванні аеротенків-прояснювачів можна зменшити об'єм очисних споруд за рахунок скорочення тривалості аерації до 3 – 5 год і виключення зі схеми очищення вторинних відстійників як самостійних споруд і насосної станції активного мулу. На відміну від аеротенків-відстійників, в аеротенках-прояснювачах створюється значно вищий ступінь рециркуляції мулу, що дозволяє розглядати зважений шар мулу у відстійній зоні як додаткову реакційну зону [20].

Аеротенки-прояснювачі мають вигляд прямокутних в плані басейнів з похилими або вертикальними бічними стінками (рис. 4.11).

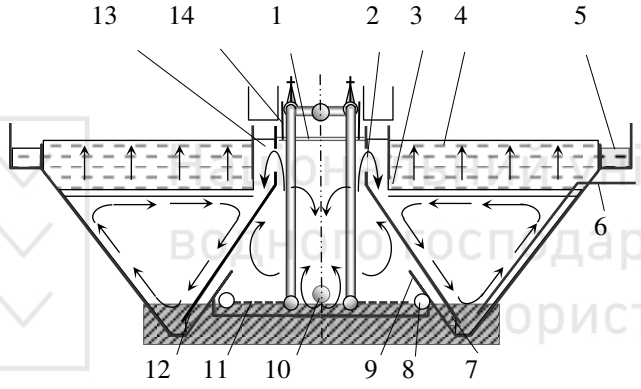


Рис. 4.11. Аеротенк-прояснювач з похилими бічними стінками:
1 – зона аерації; 2 – переливні вікна; 3 – козирок; 4 – зона прояснювання; 5 – лоток; 6 – трубопровід надлишкового мулу; 7 – циркуляційна щілина; 8 – трубопровід подачі повітря в щілину: 9 – «зуб»; 10 – перфорований трубопровід подачі стічної води; 11 – аератор; 12 – перегородка; 13 – зона дегазації. 14 – шибер

В аеротенках з похилими бічними стінками зона аерації знаходиться в центральній частині споруди між симетрично розташованими по периферії зонами прояснювання, а при вертикальних бічних стінках зони прояснювання по обидва боки обмежені зонами аерації. Зони прояснювання відділені від зон аерації похилими перегородками, що не доходять до дна басейну, обладнаними в верхній частині переливними вікнами для подачі мулової суміші з зони аерації в зону прояснення. У нижній частині розділові перегородки утворюють суцільну щілину, через яку поворотний мул підсмоктується з зони прояснювання в зону аерації. Ступінь рециркуляції суміші між зонами досягає 6 – 12 і залежить від розміру перетину переливних вікон, регульованого шиберами. Процесу рециркуляції сприяє система аерації. У зону аерації повітря подається через перфоровані трубки або

дрібнопухирцеві дифузори.

Прояснена стічна вода надходить у споруди по перфорованому трубопроводу, покладеному отворами вниз біля днища зони аерації по всій довжині, змішується з активним мулом і піддається аерації.

Аерована мулова суміш через переливні вікна надходить у зони прояснювання і направляється уздовж розділових перегородок униз до щілин, де розділяється на два потоки. Один потік через донні щілини повертається в зону аерації, інший направляється вверх, створюючи зважений шар активного мулу. Очищена вода, пройшовши зважений шар мулу, збирається водовідвідними лотками. Надлишковий мул з нижньої частини завислого шару віддаляється по трубах, розміщених рівномірно по всій довжині споруди. Зважений шар мулу в зоні прояснювання працює як фільтр і реактор окислювання, характеризується однорідністю і стійкістю, що забезпечується формою зони прояснювання, сприяє циркуляції потоків у всьому об'ємі шару. Інтенсивний обмін мулу між завислим шаром і зоною аерації дозволяє підтримувати в зваженому шарі оптимальний кисневий режим і здійснювати процес окислювання органічних речовин, що у свою чергу інтенсифікує процес окислювання забруднень стічних вод в аеротенку-прояснювачі.

Розрахунок аеротенків-прояснювачів здійснюється за швидкістю біохімічного окислювання забруднень і гідравлічним навантаженням на поверхню завислого шару мулу в години максимального притоку. Для аеротенків-прояснювачів при концентрації забруднень у стічній воді по $БПК_{повн}$ до 300 мг/л визначальними параметрами споруд є гідравлічне навантаження на поверхню завислого шару мулу, а при великих значеннях $БПК_{повн}$ – швидкість окислювання забруднень.

В аеротенку-прояснювачі приймають: робочу глибину – 4 – 5,5 м; кут нахилу перегородок і похилих бічних стінок – 45 – 55°; відстань від переливних вікон до стінок зони дегазації – 0,5 – 0,8 м; товщину захисної зони над завислим шаром мулу – 1,5 – 1,8 м; ширину середніх зон аерації 1 – 2 м; крайніх зон – 0,7 м. Реакційний об'єм в аеротенку-прояснювачі складається з об'ємів зон аерації, дегазації і завислого шару мулу, тобто об'єму, займаного мулом у споруді. Гідравлічна пропускна здатність аеротенка-прояснювача залежить від площі поверхні завислого шару мулу на рівні низу похилих козирків стінок зон дегазації

4.2.4. Аеротенки з високими дозами активного мулу

Високопродуктивний аеротенк подібний до аеротенку звичайної конструкції, який працює з підвищеними дозами активного мулу. Підвищення доз мулу, що дозволяє скоротити об'єм аеротенка, допускається в тих випадках, коли для поділу мулової суміші після аеротенків використовуються інтенсивні методи (флотування, тонкошарове відстоювання, відстоювання в завислому шарі мулу).

Об'єм високопродуктивного аеротенка визначають за тривалістю аерації з урахуванням коефіцієнта, що характеризує зниження питомої швидкості

Національний університет водного господарства та природокористування

окислювання при збільшенні дози мулу, і коефіцієнта, що враховує збільшення питомої швидкості окислювання при створенні аеробних умов на стадії поділу мулу [6].

Доза мулу у високопродуктивному аеротенку, г/л, при ступені очищення за $БПК_{повн}$, мг/л

$$a = 200L_t^{-2,2}L_a^{0,023L_t^{1,1}}{}^{*}. \quad (4.25)$$

Аеротенки з флотаційним мулорозділенням можна застосовувати самостійно або як першу ступінь у двоступінчастих аеротенках. У першому випадку для мулорозділення використовується напірне флотування, що забезпечує повну біологічну очистку зі зниженням $БПК_{повн}$ і вмісту завислих речовин до 15 мг/л; у другому випадку при двоступінчастих аеротенках досягається глибоке біологічне очищення зі зниженням $БПК_{повн}$ до 7 – 8 мг/л і вмісту завислих речовин до 5 мг/л. Для поглибленого очищення до $БПК_{повн}$ 5 мг/л рекомендується вводити у флотаційний резервуар залізний купорос дозою 5 мг/л (по Fe_2O_3). При напірному флотуванні частина очищених стічних вод насичується стисненим повітрям і подається у флотаційний резервуар, куди одночасно з аеротенка надходить мулова суміш. При зниженні тиску пухирці розчиненого повітря захоплюють нагору пластівці активного мулу. Піднятий мул віддаляється.

Оптимальну концентрацію активного мулу першого ступеня C_a, г/л, визначають формулою:

$$C_a = \frac{1,3}{0,05 + 0,00152 \cdot i}, \quad (4.26)$$

де і – муловий індекс.

Середня швидкість окислювання у високопродуктивному аеротенку, мг $БПК_{повн}$ на 1 м беззольної речовини мулу за 1 год, при ступені очищення за $БПК_{повн}$, мг/л [6]:

$$\rho = 0,7L_t^{0,78}L_a^{0,033L_t^{0,72}}{}^{*}. \quad (4.27)$$

Для очищення висококонцентрованих за органічними забрудненнями стічних вод проектують двоступінчасті аеротенки, на першому ступені яких приймається високопродуктивний аеротенк із дозою мулу 10 – 15 г/л із флотаційним поділом мулової суміші, на другий – аеротенк із дозою мулу 2 – 3 г/л і зі звичайними вторинними відстійниками.

В аеротенках з високими дозами активного мулу для поділу мулової суміші можуть використовуватися тонкошарові відстійники.

Тривалість перебування мулової суміші в оксигенаторі 5 – 10 хв. витрата повітря 12 – 18 м^3 на 1 м^3 рідини. Розмір отвору в перегородці визначають виходячи зі швидкості руху рідини, рівної 0,4 м/с.

---

* [6] *та за розрахунками авторів - $100 \le L_a \le 500$; $7,5 \le L_t \le 15$.*

Національний університет водного господарства та природокористування

4.2.5. Аеротенки з низьконапірною аерацією

Аеротенки з низьконапірною аерацією призначені для повного і неповного біологічного очищення стічних вод при концентрації забруднень за $БПК_{20}$ до 300 мг/л. Особливість аеротенків полягає в тім, що для подачі повітря використовують низьконапірні агрегати, що не вимагають очищення повітря, прості в експлуатації, їх можна розміщувати на відкритому повітрі або в неопалюваних приміщеннях. Глибина аеротенків приймається не більшою 4,5 м. Ширина коридору аеротенка повинна бути не більше глибини, довжина коридору – не менше 10-кратної глибини.

Для подачі повітря в аеротенки використовують високонапірні вентилятори або турбоповітродувки. В якості аераторів застосовують щілинні вініпластові труби. Аератори розташовують на глибині 0,5 – 1 м від поверхні води.

4.2.6. Аеротенки з пластмасовим фільтрувальним шаром

Біотенк – аераційна споруда з спеціальним фільтрувальним матеріалом, що сприяє збільшенню загальної кількості біомаси. Процес біологічного очищення в біотенку відбувається як з використанням вільно плаваючого активного мулу, так і біологічної плівки, нарощуваної на фільтрувальному матеріалі, завдяки чому біотенки мають більш високу окисну потужність у порівнянні зі звичайними аеротенками [6].

Фільтрувальний матеріал виготовляють у вигляді окремих касет або блоків із пластмасових твердих або гнучких рулонних матеріалів (рис.4.12).

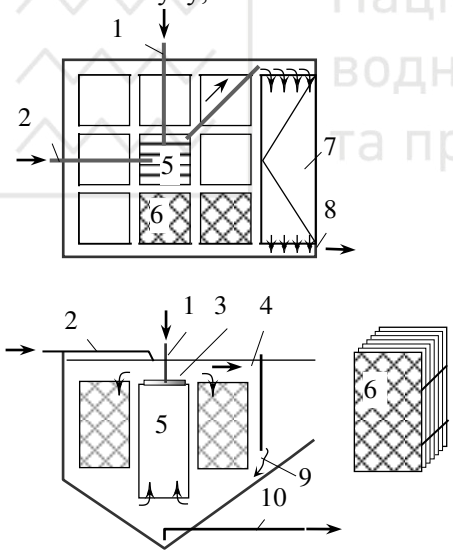


Рис. 4.12. Конструкція біотенка-відстійника:
1 – подача повітря; 2 – подача стічних вод; 3 – аератор; 4 – подача мулової суміші в зону відстоювання; 5 – центральний короб: 6 – блоковий фільтрувальний матеріал; 7 – відстійник; 8 – відвід очищеної рідини; 9 – вікно для повернення циркулюючого активного мулу; 10 – відвід надлишкової біомаси

При використанні біотенків знижується імовірність спухання активного мулу, тому що нитчасті бактерії, що викликають це явище, добре закріплюються на фільтрувальному матеріалі і не попадають з мулової сумішшю у вторинні відстійники. Це забезпечує більш високу якість очищеної води і дозволяє значно підвищити робочу дозу активного мулу і відповідно окисну потужність споруди.

У зв'язку з цим біотенки рекомендується використовувати для біологічного очищення виробничих стічних вод, для яких характерне утворення активного

мулу з інтенсивним розвитком нитчастих бактерій і високим муловим індексом (наприклад, стічні води молокопереробної промисловості).

Робота біотенків, як і звичайних аеротенків, може здійснюватися в режимах неповної і повної біологічного очищення, з окремою регенерацією мулу або без неї, у режимі продовженої аерації з окислюванням надлишкового активного мулу. У біотенки можуть бути переобладнанні існуючі аеротенки шляхом установки в них блоків або касет з фільтрувального матеріалу.

На підставі досвіду експлуатації біотенків, використовуваних для очищення виробничих стічних вод з високою концентрацією органічних забруднень, розроблені наступні рекомендації для розрахунку і проектування біотенків:

1) навантаження за органічними забрудненнями призначають виходячи із сумарної концентрації активного мулу і нарощуваної на фільтрувальному матеріалі біологічної плівки;

2) питому кількість біологічної плівки приймають 0,6 – 0,8 кг на 1 м^2 поверхні фільтрувального матеріалу, її вологість – 96,5 – 97%, зольність – 25 – 30%;

3) фільтрувальний шар виготовляють з блоків перфорованої вініпластової плівки при відстані між її рядами 10 – 30 см.

4.2.7. Аеротенки з застосуванням технічного кисню (окситенки)

Окситенки призначені для біологічного очищення стічних вод і можуть бути використані як самостійні споруди або в двоступінчастій схемі в поєднанні з аеротенками. Двоступінчаста схема застосовується для очищення висококонцентрованих стічних вод ($БПК_{повн}$>1000 мг/л), при цьому окситенк доцільно використовувати на першому ступені для видалення основної маси забруднень [6].

В окситенках замість повітря застосовується технічний кисень, завдяки чому створюються умови для підвищення дози мулу і його активності, знижуються приріст мулу й енерговитрати на аерацію, збільшується окисна потужність і знижуються експлуатаційні витрати очисних споруд.

У практиці застосовують комбінований окситенк, що працює за принципом реактора-змішувача (рис.4.13) і секціонований окситенк-витиснювач з окремим вторинним відстійником.

Витрата кисню (за масою) пропорційна величині знятої $БПК_{повн}$, тобто $Q_o=1{,}2\cdot(L_0-L_t)$. При розрахунку площі зони муловідокремлення і вторинних відстійників потрібно враховувати муловий індекс і концентрацію активного мулу в зоні реакції.

Гідравлічне навантаження на муловідокремлювач і вторинний відстійник q, м^3/(м^2·год), визначають в залежності від безрозмірного критерію Ja ($q = 8{,}14e^{-4{,}78Ja}$; де: J – муловий індекс, см^3/г; a – концентрація мулу в зоні реакції, г/см^3):

Ja	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
q, м^3/(м^2·год),	5,5	3,2	1,8	1	0,8	0,5

Національний університет водного господарства та природокористування

При очищенні стічних вод в окситенках муловий індекс знижується на 70% у порівнянні з величинами, в нижче наведеній таблиці.

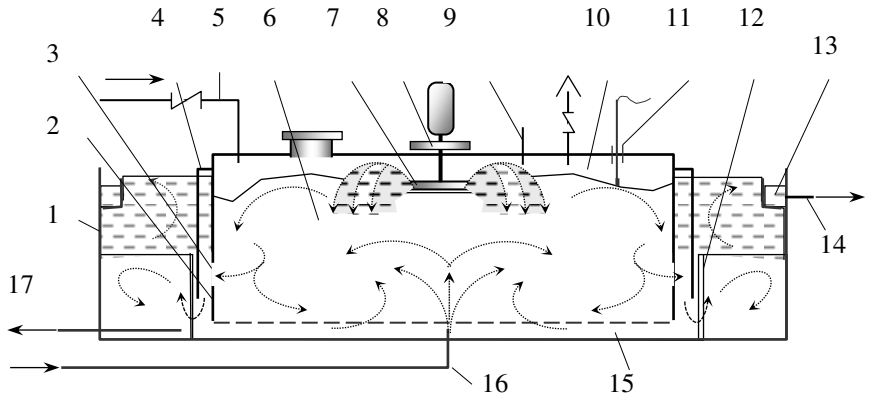


Рис. 4.13. Комбінований окситенк:
1 – циліндричний резервуар; 2 – циліндрична перегородка діаметром, рівним 0,7 зовнішнього діаметра; 3 – тангенціальні насадки; 4 – напівзанурений щит; 5 – труба подачі кисню; 6 – реактор; 7 – турбінний аератор; 8 – гідравлічний затвор; 9 – датчик тиску; 10 – газова камера; 11 – датчик концентрації розчиненого кисню в мулової суміші; 12 – шкребок мулу; 13 – водовідвідної лоток; 14 – відвідна труба; 15 – випускні отвори; 16 – труба стічної води; 17 – видалення надлишкового активного мулу

Значення мулового індексу (J) для стічних вод різних виробництв

Виробництва	*J*, см^3/г
Нафтопереробні заводи	70 – 100
Заводи синтетичного каучуку	40 – 70
Комбінати штучного волокна	200 – 250
Целюлозно-паперові комбінати	150 – 200
Хімічні комбінати	60 – 90
Побутові стічні води	80 – 120

У залежності від складу стічних вод оптимальна концентрація кисню складає 10 – 12 мг/л, доза мулу – 7 – 10 г/л.

Стабілізація завислого шару мулу і запобігання його виносу з муловідокремлювача забезпечуються за допомогою спеціальних ежекторних пристроїв.

Окситенки рекомендується застосовувати на міських очисних станціях продуктивністю понад 50 тис. м^3/добу, а також на станціях меншої продуктивності при одержанні технічного кисню від промислових підприємств.

В практиці очищення стічних вод промислових об’єктів набули поширення чисельні типи та конструкції аеротенків (аеротенки із системою аерації «затопленим струменем», контактно-стабілізаційні аеротенки, аеротенки з нерівномірно розосередженим впуском стічної води, протитечійні аеротенки,

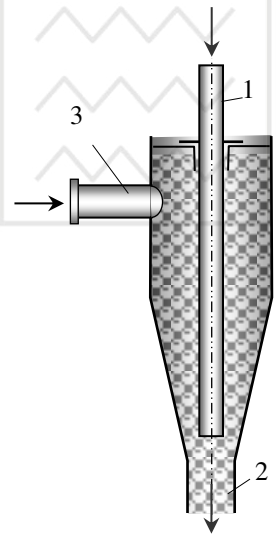
аероокислювачі тощо). Основні засади їх роботи є подібними до раніше описаних.

4.2.8. Аеротенки із системою аерації «затопленим струменем»

Інтенсифікація роботи аеротенків може бути досягнута за рахунок збільшення ступеня диспергування повітря у воді або шляхом підвищення дози активного мулу.

Аеротенки із системою аерації «затопленими струменями» забезпечують ефективну подачу і диспергування повітря у воді не нижче 0,7 кг O_2 на 1 $м^3$ корисного об'єму споруди в 1 год, тоді як при пневматичній аерації цей показник не перевищує 0,4 кг/($м^3$·год). В аеротенках з регенератором при аерації затопленим струменем можна підвищити окисну потужність споруди в 1,8 – 2,5 рази при концентрації активного мулу близько 3 г/л у порівнянні з аеротенками з пневматичною аерацією.

Система аерації «затопленими струменями» заснована на подачі в аеротенк повітря, яке захоплюється струменями води (рис.4.14). Забір води здійснюється насосом безпосередньо з аеротенка. Для насичення повітрям вода проходить через аератори, розташовані над рівнем рідини в аеротенку. Водоповітряна суміш, яка потрапила в аеротенк, сприяє насиченню стічної води повітрям і забезпечує її перемішування.



Для подачі води в аератори застосовують низьконапірні насоси з тиском 5 – 7 м вод. ст. Швидкість протоку води в стиснутому перетині приймається 8 – 10 м/с, ступінь розрідження 2 – 4 м вод. ст. Один об'єм води захоплює 1,5 – 2 об'єми повітря. Швидкість руху водоповітряного струменя на виході з аератора 10 – 12 м/с. Об'єм водоповітряної суміші збільшується в порівнянні з об'ємом води, що надходить, на 40 – 50%. Витрати електроенергії на розчинення 1 кг кисню 0,3 – 0,4 кВт×год. Ступінь використання кисню повітря 11 –12%.

Рис. 4.14. Струминний аератор:
1 – повітряна трубка; 2 – стиснутий перетин; 3 – парубок подачі води під тиском

Кількість аераторів призначається виходячи з кількості диспергованого повітря і їхньої пропускної здатності (при відповідних їхніх розмірах). Аеротенки із системою аерації «затопленим струменем» застосовують в якості першого ступеня очищення концентрованих за органічними речовинами виробничих стічних вод ($БПК_5$=2 – 3 г/л), а також можуть бути використані для одноступінчатого очищення стічних вод при більш низьких концентраціях органічних речовин.

Національний університет водного господарства та природокористування

4.2.9. Застосування в аеротенках механічних і пневмомеханічних аераторів

Аерування мулової суміші в аеротенках може здійснюватися за допомогою механічних і пневмомеханічних аераторів. Принцип дії механічних аераторів заснований на залученні повітря безпосередньо з атмосфери і рівномірному розподілі його шляхом перемішування у всьому об'ємі рідини. Механічні аератори можуть бути наступних типів: турбінні (усмоктувальні або поверхневі) і щіткові [20].

Поверхневий турбінний аератор (рис. 4.15) має вигляд агрегату, що складається з власне аератора (відцентрового ротора), електродвигуна і редуктора. При обертанні ротора розташовані на ньому лопати відкидають воду до периферії, у результаті чого утворюється кільцевий гідравлічний стрибок і відбувається інтенсивний перенос кисню повітря у воду. Одночасно знизу до ротора підсмоктується рідина, завдяки чому забезпечується її перемішування і розподіл збагачених киснем шарів у всьому об'ємі резервуара.

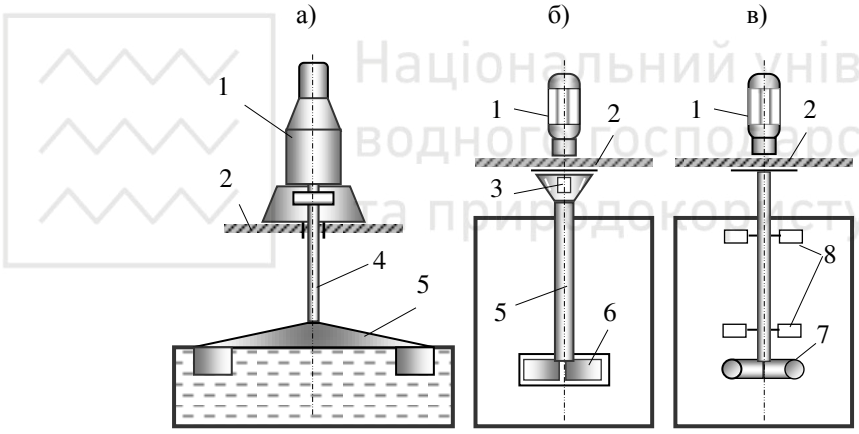


Рис. 4.15. Аератори:
а – поверхневий: 1 – двигун; 2 – плита; 4 – вал; 5 – турбіна; б – імпелерний: 1 –двигун: 2 – плита; 3 – вал; 5 – повітропровід; 6 – крильчатка; в – пневмомеханічний: 1 – двигун; плита; 7 – повітророзподільник; 8 – ротори

Усмоктувальний турбінний аератор (імпелерний) складається з двигуна, направляючої труби, вала, повітрозбірників і ротора. Принцип дії аератора з усмоктуванням атмосферного повітря заснований на тому, що заглиблений ротор прокачує рідину через трубу з повітрозабірними отворами, розташованими на рівні рідини в аеротенку. При цьому потік рідини захоплює через отвори повітря, яке, проходячи через ротор, інтенсивно диспергується. Водоповітряна суміш викидається в нижній частині аеротенка і змішується з всім об'ємом рідини забезпечуючи ефективну аерацію.

Національний університет водного господарства та природокористування

Щіткові аератори мають вигляд горизонтального валу з перпендикулярно укріпленими лопатками. При роботі щіткових аераторів відбуваються перемішування мулової суміші, розбризкування її крапель, захоплення повітря з атмосфери й інтенсивне перемішування повітря з мулової сумішшю.

Механічні аератори з примусовою подачею повітря називаються пневмомеханічним. Стиснене повітря подається через середньопухирцевий дифузор під розташований внизу аератора ротор (крильчатку), при цьому повітря дрібно подрібнюється і добре перемішується у всьому об'ємі аеротенка.

Кількість турбінних аераторів в аеротенку визначають за формулою

$$n = R / П_к, \tag{4.28}$$

$$R = \frac{Z \cdot (L_a - L_t) \cdot Q}{n_1 \cdot n_2 \cdot (C_p - C)}, \tag{4.29}$$

де $П_к$ – продуктивність за киснем одного аератора, кг/год; R – необхідна кількість кисню на аеротенк, кг/год: Z – питома витрата кисню, мг/мг знятої $БПК_{повн}$: для повного очищення Z=1,1 мг/мг, для неповного очищення Z =0,9 мг/мг; L_a – $БПК_{повн}$ стічної води, що надходить в аеротенки, мг/л; L_t – $БПК_{повн}$ очищеної води, мг/л; Q – витрата стічних вод на аеротенк, $м^3$/год; n_1 – коефіцієнт, що враховує температуру стічних вод: $n_1=1+0,02(t_c-20)$; t_c – середньомісячна температура стічної води за літній період, ^oC; n_2 – коефіцієнт, що враховує відношення швидкості переносу кисню в муловій суміші до швидкості переносу його в чистій воді: для побутових стічних вод $n_2=0,85$, для виробничих стічних вод значення n_2 приймаються за дослідними даними або $n_2=0,7$; C_p – розчинність кисню повітря в воді, мг/л.

Аератори бажано розміщувати таким чином, щоб зона, яка обслуговується одним аератором, мала форму квадрата. Імпелерні і турбінні аератори розташовують на відстані не менше 3 – 5 діаметрів ротора. Для поверхневих турбінних аераторів діаметром 0,3 – 3,3 м приймають відношення діаметра ротора до ширини споруди 1/30 – 1/37.

4.2.10. Анаеробні зброджувачі стічних вод

Метод анаеробного зброджування стічних вод у метантенках рекомендується для попереднього очищення висококонцентрованих стічних вод із $БПК_{повн}$=6000 – 20000 мг/л і вмістом мінеральних солей не більше 30 000 мг/л. При більшому забрудненні стічні води необхідно розбавляти очищеними стічними водами. Для другого ступеня очищення стічних вод після анаеробного зброджування застосовують біологічну очистку в аеротенках у два ступені [8].

Анаеробний розпад органічних речовин в основному протікає в три стадії:

1) перехід високомолекулярних органічних речовин під впливом екстрацелюлярних ферментів у субстрат, споживаний мікроорганізмами;

2) кисле зброджування органічних речовин з утворенням

Національний університет водного господарства та природокористування

низькомолекулярних кислот, двоокису вуглецю, аміаку, сірководню і води;

3)метанове зброджування органічних речовин з утворенням аміаку, метану, вільного азоту, сірководню і води.

В умовах сталого режиму зброджування спостерігається рівноважний стан між фазами кислого і лужного бродіння.

У метантенках досягається лише неповне очищення, оскільки в анаеробних умовах продуктами окислювання органічних речовин є відновлені сполуки (метан, органічні кислоти й ін.). Як і в аеротенках, частина органічних речовин у метантенку окисляється, інша частина витрачається на приріст біомаси. У результаті незначної енергетичної цінності метаболізуючих продуктів при анаеробних процесах приріст біомаси стосовно кількості спожитого субстрату істотно менше, ніж при аеробних.

Технологічні параметри метантенків можна розраховувати за ідентичними залежностями, що використовуються для розрахунку аеротенків. При цьому приймають: швидкість окислювання 5 – 6,5 мг $БПК_{повн}$ на 1 г мулу в 1 год; доза мулу 20 г/л, зольність мулу 0,3. Коефіцієнт, що враховує вплив концентрації активного мулу на зниження питомої швидкості окислювання, приймається рівним:

См	5	10	15	20	25
К	1	0,68	0,48	0,37	0,31

Приріст мулу приймається рівним 0,05 – 0,1 г/г знятої $БПК_{повн}$.

У метантенку першого ступеня створюються високі концентрації анаеробного активного мулу за рахунок повернення з метантанка другого ступеня. При цьому вміст метантенка першого ступеня ретельно перемішується механічним або гідравлічним шляхом.

Другий ступінь проектується без пристроїв перемішування. В ньому відбуваються остаточний розпад, доокислення органічних речовин, а також часткове відстоювання й ущільнення анаеробного активного мулу, що повертається на перший ступінь. Циркулюючий активний мул складає – 30% витрати стічних вод. При двоступінчастому зброджуванні досягається більш низька вологість поворотного анаеробного мулу, поліпшується робота вторинних відстійників.

Співвідношення об’ємів метантенків першого і другого ступенів варто передбачати від 1:1 до 3:1, оптимальне співвідношення вибирається з конструктивних міркувань [6].

Для нормального протікання процесу зброджування у вихідній стічній воді повинно бути біогенних елементів 2,5 мг азоту і 0,5 мг фосфору на кожні 100 мг знятої *БПК* і підтримуватися *pH* у метантенках 6,8 – 7,8.

Обробка стічних вод у метантенках здійснюється при мезофільному режимі зброджування (температура 35 – 37°С).

Конструктивно метантенки для очищення стічних вод, аналогічні метантенкам для зброджування осадів. При проектуванні необхідно передбачувати: подачу стічних вод і поворотного мулу в перший ступінь у

верхню частину метантенка, у другий ступінь – у нижню частину; відвід стічних вод з першого ступеня метантенків знизу, із другого ступеня – зверху; рівень стічних вод у метантенках нижче низу горловини на 0,5 м; механічне або гідравлічне перемішування в метантенках першого ступеня для створення вертикальної швидкості 6 м/год; після метантенків другого ступеня – дегазацію зброджених стічних вод і відстоювання стічних вод впродовж 2 год.

Виділений в процесі зброджування газ містить до 70% метану, 20% двоокису вуглецю, 8% азоту, 2% водню. Газ відводять через газозбірник на спеціальну свічу або збирають у мокрі газгольдери.

4.2.11. Циркуляційні окисні канали (ЦОК)

Циркуляційні канали мають специфічну форму аеротенків і використовуються для очищення малих кількостей стічних вод. Це рішення особливо вигідне в місцях вільного припливу стічних вод на очисні споруди.

Конструкцію каналів запроваджено в середині минулого століття в Нідерландах. Завдяки нескладній конструкції і простоті в експлуатації ці споруди набули поширення і в Україні [22].

Циркуляційні канали в плані мають форму подібну до еліпса (рис.4.16). В поперечному перерізі канали виконують в вигляді трапеції або прямокутника. Пристрій для аерації стічних вод у каналах має вигляд водяного колеса з лопотями, встановленого через рів. Призначенням аератора є також створення умов руху води зі швидкістю біля 0,3 м/с, що сприяє підтриманню мулу в завислому стані. Одного такого аератора вистачає на кожні 100 метрів каналу. У разі більшої довжини каналу необхідно встановити більшу кількість аераторів.

З огляду на характер роботи циркуляційні канали розрізняють:

- канали періодичної роботи,
- канали безперервної роботи,
- канали комбінованої роботи.

До каналів періодичної роботи стічні води надходять безперервно чи періодично, проте відводяться певними порціями періодично. Стічні води в каналі накопичуються, аеруються і перемішуються з активним мулом. Періодично, наприклад, раз на день, аератор зупиняється і працює в режимі відстійника. Верхній шар очищених стічних вод в відводиться приймач, після чого аератор включається і канал вводиться в режим роботи. Циклічна робота каналу спричиняє протікання процесу очищення в аеробних і анаеробних умовах, що сприяє денітрифікації та видаленню сполук азоту із стічних вод, що є перевагою роботи циркуляційних каналів. Недоліком таких споруд є нерівномірність аерації стічних вод по довжині, на різних глибинах і в період поступлення стоків на очищення і їх відведення зі споруди.

Цей недолік можна усунути шляхом влаштування двох каналів, які можуть бути сполучені між собою переливом. Такі канали можуть працювати попеременно.

Національний університет водного господарства та природокористування

Циркуляційні канали безперервної дії виконують ті ж завдання, що і аеротенки, тому стічні води на них поступають безперервно. Такі завдання вимагають використання вторинних відстійників і обладнання для циркуляції мулу. Перед введенням стічних вод в циркуляційні канали, незалежно від характеру їх роботи, стічні води слід пропускати через грати.

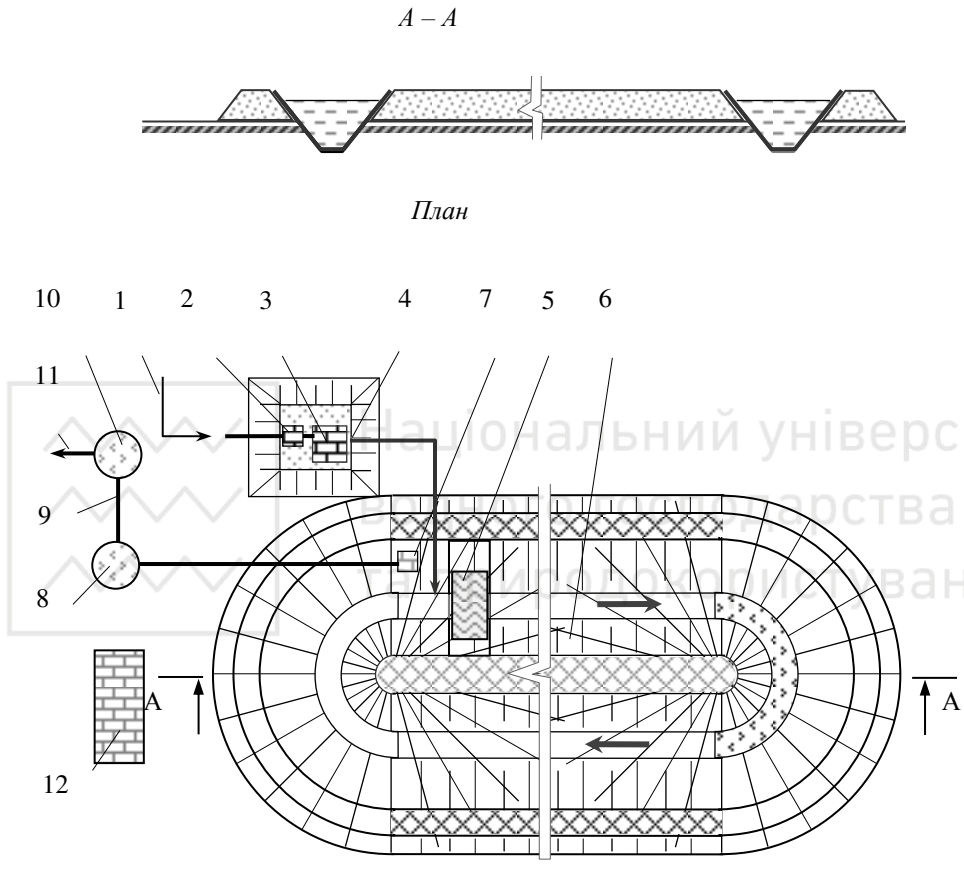


Рис. 4.15. Циркуляційний окисний канал (ЦОК) на 100 і 200 м^3/добу:
1 – подача води на очистку; 2 – прийомна камера; 3 – будівля ґрат; 4 – водозлив для виміру витрати води; 5 – аератор; 6 – циркуляційний окисний канал; 7 – камера випуску; 8 – вторинний відстійник; 9 – лоток-змішувач; 10 – контактний резервуар; 11 – відвід очищеної води; 12 – виробничо-допоміжний блок

Циркуляційні канали виконуються у вигляді земляних споруд. Поперечний переріз каналів, як правило, трапецієподібної форми, з відкосом стін залежно від способу їх кріплення від 1:1 до 1:2. Радіус осі каналу в вигнутих частинах не повинен бути менше 3 м.

Циркуляційні канали можуть бути мілкими глибиною 0,7-1,2 м, і глибокими - 1,2-3,5 м. Колектор подачі стічної води варто розташовувати по

осі каналу над дном на відстані 3-10 м від аератора. В каналах безперервної дії очищена вода відводиться колектором, обладнаним зубчастим переливом, в каналах періодичної дії - воронкою з діаметром 2-3 рази більше, ніж діаметр колектора. Краї воронки повинні бути розміщені на 0,15-0,20 м нижче дзеркала води, за умови що лопоті аератора при мінімальному рівні води в каналі будуть зануреними під воду на глибину ≥ 2 см. У великих каналах слід передбачувати 2 переливи.

Точка відведення очищених стічних вод повинна бути віддалена на 2/3 довжини каналу від місця подачі стоків на очищення. Крім того, канали періодичної дії повинні бути обладнані аварійним переливом, краї якого розташовані на 10 см вище максимального проектного рівня води в каналі.

Більшість каналів мають кріплення стінок, що поліпшує екологічні і гідравлічні показники споруди і забезпечує охорону робочої поверхні від розмиву. Кріплення виконується з залізобетонних плит або з асфальтного покриття. З метою кріплення аераторів (*Kessnera)* і електродвигуна з обох боків каналу влаштовують відповідний фундамент.

Циркуляційні окисні канали призначені для повного і часткового біологічного очищення господарсько-побутових і близьких до них за складом виробничих стічних вод. Застосування ЦОК допускається в районах з мінімальною розрахунковою температурою повітря – 20°С.

Ці споруди забезпечують біохімічне окислювання забруднюючих речовин і мінералізацію мулу, при цьому не потрібно первинного відстоювання стічних вод, що значно спрощує технологічну схему очисних споруд.

До складу споруд входять решітки (з прозорами 10 – 16 мм) або решітка-дробарка, власне ЦОК, вторинний вертикальний відстійник, муловий майданчик, установка знезаражування, контактний резервуар, насосна станція для перекачування активного мулу з вторинного відстійника в ЦОК і надлишкового мулу на муловий майданчик.

4.3. Споруди біологічного очищення стічних вод у природних умовах

Очищення стічних вод в ґрунтовому середовищі. Стічні води перед очищенням в ґрунтовому середовищі повинні пройти попередню очистку, наприклад, в септиках [7,26]. Очищення в ґрунті може здійснюватися:

1) без сільськогосподарського використання стічних вод:
   - поглинаючі колодязі;
   - системи підземного фільтрування;
   - поля фільтрації.

2) із сільськогосподарським використанням стічних вод:
   - поля зрошування;
   - рослинне очищення стічних вод в штучних умовах.

Ефект видалення забруднюючих речовин в залежності від видів забруднень стічних вод і технологічних рішень наведено в таблицях 4.6, 4.7.

Національний університет водного господарства та природокористування

Таблиця 4.6

Зниження забруднення стічних вод в ґрунті

Технологічні рішення	Ступінь зниження, %				
	БПК	Завислі речовини	Бактерії	Яйця гельмінтів	Біогенні забруднення
Поля зрошування	90–98	95–98	95–100	~100	30–60
Поля фільтрації	90–95	85–95	95	–	–
Наливні карти	~100	~100	98–100	~100	90–100

Таблиця 4.7

Ефективність рослинно-грунтового очищення стічних вод

№ з/п	Показник забруднення стічних вод	Одиниця вимірювань	Кількісні показники		
			$C_{вх}$	$C_{оч}$	$\eta=(C_{вх}-C_{оч})\times100/C_{вх},\%$
1	$БПК_5$	г O_2/м^3	160,43	10,02	93,75
2	*ХПК*	г O_2/м^3	375,17	26,53	92,95
3	$ХПК_{Mn}$	г O_2/м^3	83,09	7,43	91,06
4	SO_4	г S/ м^3	113,44	68,89	39,25
5	Хлориди	г Cl/м^3	112,19	49,01	56,69
6	Загальний азот	г N/м^3	36,87	4,78	87,03
7	Атомарний азот	г N/м^3	23,2	1,68	92,90
8	Нітрати	г N/м^3	0,12	6,25	98,00
9	Загальний фосфор	г PO_4/м^3	18,57	1,67	91,02
10	Фосфати	г PO_4/м^3	12,77	1,15	91,01
11	Натрій	г Na/м^3	68,43	32,46	52,49
12	Калій	г K/м^3	20,31	5,28	73,97
13	Кальцій	г Ca/м^3	78,38	43,99	43,86
14	Завислі речовини	г/м^3	253,67	22,05	90,91

Національний університет водного господарства та природокористування

4.3.1. Поля фільтрації

Фільтри ґрунтові (поля фільтрації). Технологія очищення стоків на полях фільтрації започаткована в ХХ ст в північній Америці, що передбачала подачу стоків на занедбані осушувальні системи, дотепер майже не змінилася.

Поля фільтрації необхідно влаштовувати на піщаних, супіщаних і легких суглинних ґрунтах на територіях, що не використовуються у сільському господарстві або з малородючими ґрунтами, спокійним рельєфом, з уклонами не більше 0,02. Щоб уникнути забруднення ґрунтової води, використовуваної для водопостачання, поля фільтрації розташовують за межами депресійний кривих водозабірних свердловин [2,6].

Поля фільтрації використовуються як самостійні споруди очищення або як споруди резервного доочищення на полях зрошування. Такі споруди влаштовують на піщаному ґрунті. В разі відсутності цього виду ґрунту - можуть бути зведеними на штучно утворених фільтраційних поверхнях, в основі яких використовують пісок, гравій, шлак, кокс і т.ін.

Очищення стічних вод на полях фільтрації відбувається завдяки періодичному затопленню стічними водами окремих ділянок ґрунту, що має хороші фільтраційні властивості. Затоплення відбувається переважно раз на добу з висотою шару води 5-10 см. Тривалість затоплення триває 5-15 хв. За певних умов періодичність затоплення карт може бути збільшеною (1 раз на 4 доби), а при низьких концентраціях забруднень в стоках – скороченою (4 раз/доб). Під час затоплення поверхні карт стічна вода фільтрується через ґрунт вивільнюючись в його товщі від наявних в ній забруднень, збирається дренажною системою і відводиться в водойму.

Якщо тривалість фільтрування води перевищує 4 години ділянку слід осушити і зняти верхній шар осаду, розпушити поверхню ґрунту, тим самим підготувавши її до наступної експлуатації. З бігом часу замулення шару ґрунту наростає і через декілька десятиліть його можна використовувати в сільському господарстві.

Поля фільтрації можуть застосовуватися навіть в умовах холодного клімату, збільшуючи висоту шару затоплення до 20-30 см. За цих умов постає можливість формування на поверхні води льоду, під поверхнею якої відбувається рух води. По поверхні льоду розташовують вентиляційні пройми.

Допустиме гідравлічне навантаження на поля фільтрації стічними водами, що пройшли попереднє очищення, варіюється в залежності від параметрів фільтраційного шару і може сягати 300 до 750 м^3/(га×доб), навантаження за органічними забруднювачами (г $БПК_5$/(м^2×доб)) –

для піску	4 – 12
для супіску	2 – 4
для суглинку	1 – 2
для глини	0,5 – 1

Навантаження стічних вод на поля фільтрації, м^3/(га×доб), при заляганні ґрунтових вод на глибині H, при різних значеннях середньорічної температури повітря °C, T, для ґрунтів[6] можна визначити за виразом 4.30 і табл.4.8:

$$q = \theta H^{\xi} T^{0,2} \text{ *} . \qquad (4.30)$$

Площу полів фільтрації перевіряють на наморожування стічних вод за період із середньодобовою температурою повітря нижче –10°С. При цьому фільтрація стічних вод у період їх наморожування визначається як добуток навантажень на коефіцієнт K, прийнятий у залежності від виду ґрунту:

[6] Примітка. *Для районів із середньорічною кількістю атмосферних опадів 500 – 700 мм навантаження стічних вод на поля фільтрації необхідно зменшити на 15–25%; із середньорічною кількістю атмосферних опадів більш 700 мм – на 15–25%; при цьому більший відсоток зниження навантаження варто приймати при легких суглинних ґрунтах, а менший – при піщаних.*

* [15] *та за розрахунками авторів - $0 \le T \le 11$; $1,5 \le H \le 3$.*

Національний університет водного господарства та природокористування

Ґрунт	Коефіцієнт *К* для розрахунку фільтрації стічних вод
Легкі суглинки	0,3
Супісок	0,45
Пісок	0,55

Таблиця 4.8

Значення коефіцієнтів θ і ξ для різних ґрунтів

Ґрунт	Коефіцієнти	
	θ	ξ
Легкі суглинки	38	0,23
Супісок	59	0,36
Пісок	81	0,55

Для попереднього визначення повної площі, що відводиться під поля фільтрації, їх корисну площу рекомендується збільшувати на 35%.

Для проникання повітря в діяльний шар і створення умов для аеробних окисних процесів повинен бути забезпечений своєчасний відвід зайвої води з полів фільтрації, для чого влаштовують дренаж. Конструкція дренажу для осушення товщі ґрунту на глибину не менш 1,5 м визначається розрахунком і приймається в залежності від фільтраційних властивостей ґрунтів, навантаження стічних вод на поля фільтрації і глибини залягання ґрунтових вод.

Біологічно очищені дренажні води іноді використовують для зрошення сільськогосподарських культур або після хлорування скидають у водойми.

Розміри карт призначають у залежності від рельєфу місцевості і загальної робочої площі полів фільтрації. Площу однієї карти приймають не менше 1,5 га; відношення ширини карти до довжини повинно бути 1:2 – 1:4. Ухили карт приймають 0,001..0,004 (рис.4.16).

Ступінь очищення стоків на полях фільтрації є достатньо високою. Зниження *БПК*$_5$, як правило, перевищує 90%, а зниження бактерій >95%. Простота конструкції та невибагливість умов експлуатації таких споруд роблять ці їх надто привабливими для застосування в сільській місцевості.

Площу поверхні полів фільтрації можна визначити за виразом:

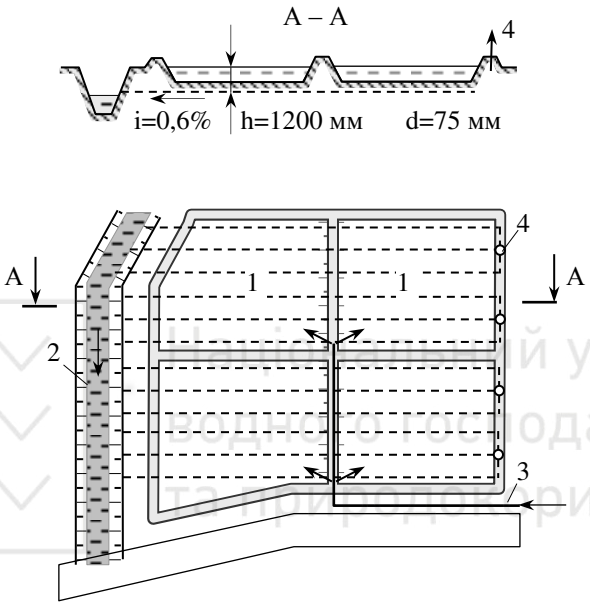
$$F_a = Q_d S_p 10^{-4} / A \text{, га,} \qquad (4.31)$$

де Q_d *і* S_p *— середня добова кількість (м*^{3}*/доб) і БПК*$_5$ *(г/м*^{3}*) стоків, що поступають на очисні споруди, м*^{3}*/доб; А — навантаження за органічними забрудненнями, виражене за БПК*$_5$ *О*$_2$*/мг×доб).*

Загальну площу полів фільтрації ділять на ділянки (карти) площею 0,25-0,4 га (мінімальна кількість ділянок 2). Кожна карта повинна бути оточена дамбою, укритою з зовнішньої сторони дерном, а з внутрішньої – бетонними плитами або гравієм. Ширину верхньої частини дамби призначають 0,7 м,

проте в разі розташування на дамбі колектора, по якому поступають стоки, ширину дамби призначають рівною 1,3 м. Висота укосу дамби – 0,5 м, його ухил 1:2 для піщаних ґрунтів і 1:1,5 для інших ґрунтів.

Розподіл стічної води проводиться через систему відкритих жолобів, а іноді – через дірчасті труби. Довжина розподілювача (жолоба, трубопроводу) не повинна перевищувати 4...6 м. Для запобігання розмиву дамб під зливними отворами розміщують бетонні плити товщиною 5..10 см, шириною – 0,5…0,6м.



4.16. Вигляд поля фільтрації [6]:
1 — карти поля фільтрації, 2 — відвідний канал, 3 — підведення стоків, 4 — вентиляційний стояк

При проектуванні дренажної системи полів фільтрації слід дотримуватися основних вимог:

- дренажний колектор діаметром 100-150 мм розташовують паралельно довшій стороні карти по її осьовій лінії або біля дамби,
- бічні розподілювачі повинні мати діаметр 75-100 мм. Їх з'єднують з зазором 5-10 мм, з ухилом >2% в напрямку руху води,
- відстань між розподілювачами повинна бути 3,6…9 м, залежно від проникності ґрунтів
- труби укладають на глибину 1,2-1,5 м,
- слід передбачувати установку вентиляційних стояків для провіювання дренажної мережі.

Фільтраційна здатність ґрунту полів фільтрації може бути визначеною шляхом вивчення його гранулометричного складу, основними показниками

якого є 10 і 60% вагова частка діаметрів його зерен. Якщо в ґрунті містяться зерна менших розмірів, ґрунт є не досить проникним і гідравлічне навантаження на такі споруди є незначним. Коефіцієнт однорідності фільтруючого шару, що визначається як співвідношення діаметра з найбільших за розміром фракцій 60% до розміру ефективного діаметру їх зерна, має бути близьким 5

Наскільки велика важливість ефективного діаметру зерен фільтруючого шару можна переконатися на прикладі: якщо за розміру ефективного діаметру 0,5 мм потужність фільтра становить Q=100%, то за розміру d_e =0,4 мм величина цього показника складає Q=50%, за d_e =0,3 мм - Q=25%, а за d_e = 0,2 мм – лише Q=10%.

В сільській місцевості нерідко стічні води використовуються для зрошення сільськогосподарських угідь з метою збільшення сільськогосподарського виробництва за рахунок використання води. В цьому випадку кількість води і режим її поступлення пристосовують до потреб рослин і погодних змін. В цих умовах використовуються попередньо очищені стічні води. Розробка технологій для очищення стічних вод шляхом їх використання для зрошування сільськогосподарських культур призвело до появи безлічі можливих способів зрошення.

Підземне зрошення. Якщо ґрунтові води знаходяться близько від поверхні і влаштування фільтруючого колодязя не є можливим, можна передбачати систему підземного зрошення (рис.4.17). У цьому випадку необхідно застосовувати належне попереднє механічне очищення стічних вод. Оскільки зрошувальні труби розташовуються в землі на глибині всього 600-900 мм, то в період вегетаційного розвитку рослин значна кількість стічної води поглинається кореневою системою, і лише невелика її частина потрапляє в ґрунтові води.

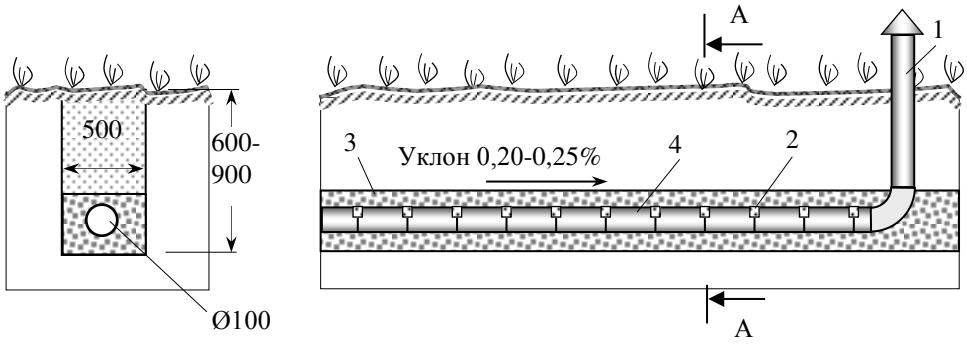


Рис.4.17. Схема розташування зрошувальної труби в траншеї:
1 - вентиляційна труба; 2 – захисна плівка зі штучного матеріалу; 3 – шар фільтрувального матеріалу; 4 – дренажні труби

Підземне зрошення є доцільним в тому випадку, якщо ґрунтові води знаходяться на глибині не менше 1800 мм від поверхні землі. За цих обставин

Національний університет водного господарства та природокористування

труби слід розташовувати на відстані не менше 1000 мм від рівня ґрунтових вод. Після септика влаштовується розподільна камера. Стічна вода повинна надходити в розподільні труби залпово. Це забезпечує швидке наповнення всіх труб і можливість подачі води в кінцеву частину трубопроводів [28].

З точки зору збереження чистоти ґрунтових вод влаштування системи підземного зрошення є кращим. З іншого боку, будівництво такої системи обходиться дорожче і більш трудомістке в порівнянні з влаштуванням фільтруючих колодязів.

Визначення корисної довжини системи водорозподільних труб залежить від поглинаючої здатності підстильного шару. Якщо немає потрібних даних, розрахунки можна виконувати, керуючись такими величинами: при наявності підстильного шару з гравію чи піску - 10 м на 200-300 л/доб; при наявності глинистого піску - 15 м; при наявності піщаної глини - 20 м (табл..4.9). Довжина кожного такого відгалуження не повинна перевищувати 30 м. Необхідно також передбачити можливість подальшого розширення споруд.

У разі укладання труб з великим ухилом слід влаштовувати перепадні колодязі.

Таблиця 4.9

Припустиме добове гідравлічне навантаження на грунт

Тип дренажу	Глибина залягання ґрунтової води під елементами дренажної системи, м	Припустиме добове гідравлічне навантаження ($дм^3$/дм) за часу поглинання води, с.		
		до 18	18–30	30–180
Без фільтруючого шару	1,0–1,5	12–18	6–12	4–3
	понад 1,5	15–25	12–20	6–10
З допоміжним фільтруючим шаром	1,0–1,5	–	–	до 17
	1,5–2,0	–	до 25	до 19
	2,0–3,0	–	–	до 24
Піщаний фільтр	Мінімум 1 м нижче елементів дренажних систем	60–70		

Віддалі між сусідніми дренами варто приймати в залежності від типу ґрунту [6]:

– для ґрунту з часом поглинання 18 $дм^3$/(дм× с) – 2,0 м,

– для ґрунту з часом поглинання 18- 30 $м^3$/(дм× с) – 2,5 м,

– для ґрунту з часом поглинання 30-180 $дм^3$/(дм×с) – 3,0 м.

В кінці кожної нитки передбачається влаштування вентиляційних труб, отвори яких повинні бути перекритими сітками. Перед вкладанням в траншею дренажних труб на її дні влаштовують підстилаючий шар висотою в 100 мм із пористих матеріалів (щебінь, гравій тощо). На цей шар укладають дренажні труби, внутрішній діаметр яких становить 100 мм. Кінці відгалужень з'єднують поперечної трубою. Стики труб перекривають водонепроникною плівкою. Труби на висоту 50 мм засипають зазначеними вище матеріалами. Опісля траншею засипають вийнятим ґрунтом.

Національний університет водного господарства та природокористування

Для більшої надійності, якщо це дозволяють рельєф місцевості та глибина залягання ґрунтових вод, в кінці водорозподільної системи можна передбачати влаштування фільтруючого колодязя, який може одночасно слугувати і оглядовим колодязем. Завдяки цьому колодязю можна легко визначити працездатність системи в цілому. За умови належного догляду подібні системи можуть функціонувати впродовж 20 років і більше. У разі засмічення системи відновити її нормальні функції неможливо. В такому випадку слід розглядати можливість зведення нової розподільчої системи.

4.3.2. Поля зрошення

Поля зрошення. Поля зрошення найдавніше використовувалися в Англії в X1X ст. (рис.4.18). Очищення стоків на полях зрошення полягає в зрошенні попередньо очищеними стічними водами орних земель і пасовиськ. Стічні води, що проходять очистку на полях зрошення, характеризуються доволі високою ступеню очищення [2,28].

Ґрунти полів зрошення повинні мати хороші фільтраційні властивості і добре провіюватися, оскільки це є передумовою протікання якісних аеробних процесів. Цим умовам щонайкраще відповідають легкі суліски. Добрих результатів можна досягти при застосуванні глинистих ґрунтів за умови наявності дренажних систем і незначного гідравлічного навантаження. Органічні забруднення під впливом біоценозу мінералізуються в товщі ґрунту. Солі калію, фосфору і азоту, що накопичуються в ґрунті, споживаються рослинами на полях. На зрошуваних полях висаджують коренеплоди (буряки), колоскові (кукурудза, жито, овес), коноплі, ріпак озимий.

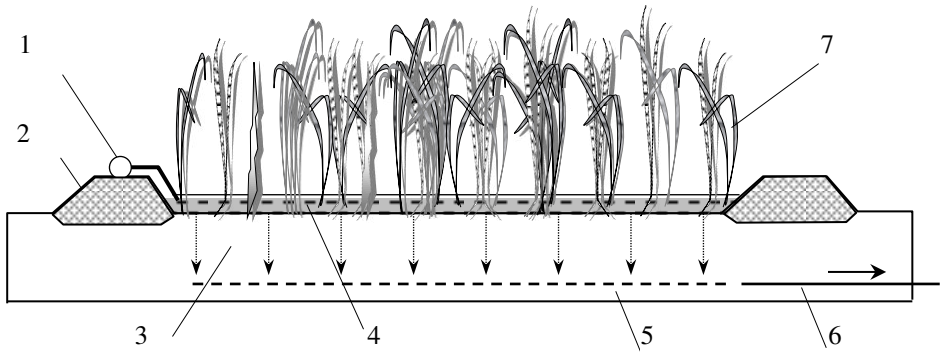


Рис. 4.18. Поля зрошення:
1 – трубопровід стічної води; 2 – дамба; 3 – фільтрувальний шар; 4 – шар стічної води; 5 – дренаж; 6 – трубопровід чистої води; 7 – сільськогосподарські культури

На поля зрошення направляють суміш господарсько-побутових вод і стоків промислових підприємств, близьких за властивостями до побутових і з загальним сольовим складом не вище 2 г/л. Побутові змішані стічні води перед

подачею на поля зрошення повинні пройти механічну і повну біологічну очистку. Виробничі стічні води при необхідності піддають попередньому очищенню на локальних очисних спорудах з метою вилучення речовин, шкідливих для ґрунту і рослин.

Для полів зрошення переважно відводять територію зі спокійним рельєфом, що має ухил 0,0006 – 0,01, з малородючими землями, з почвогрунтами, що характеризуються фільтраційними властивостями, при заляганні рівня ґрунтових вод не вище 2 м.

Поля зрошення можуть бути:

1) с цілорічним прийомом стічних вод і цілорічним зрошенням (створювані в основному на легких, добре фільтруючих ґрунтах);
2) с цілорічним прийомом стічних вод у регулюючій ємності (ставки-нагромаджувачі) і зрошенням в основному у вегетаційний період;
3) с прийомом стічних вод і зрошенням тільки у вегетаційний період.

Поля зрошення з цілорічним прийомом стічних вод і цілорічним зрошенням відрізняються важкими умовами експлуатації, вимагають резервної території для прийому стоків, тому широкого поширення вони не одержали.

Використання стічних вод на поля зрошення тільки у вегетаційний період не забезпечує цілком водоохоронних заходів, тому що потрібен скид частини стоків у водойми. Найбільш доцільно поля зрошення в поєднувати з ємностями стічних вод сезонного регулювання.

Для прийому зливових і талих вод з полів зрошення передбачають влаштування буферних майданчиків, схожих до полів фільтрації.

Якщо за водобалансовими розрахунками норми осушення на глибину до 1,25 м не дотримуються, необхідно передбачати дренаж.

Площа полів зрошування може бути обчислена за виразом:

$$F_q = 10^{-4} Q_d q \text{ , га,} \qquad (4.32)$$

де Q_d — середній добовий об'єм стічних вод, що поступають на очищення, м^3/доб; q — гідравлічне навантаження на поля зрошення, м^3/(м^2×доб).

Значення гідравлічного навантаження полів зрошування, наведені в табл.4.10.

Стічна вода самопливом або насосами подається на найвищу точку поля зрошування. Для розподілу води по всьому полі застосовується система розподілювачів, виконаних в вигляді жолобів. Тривалість наповнення карт сягає 1-2 дні, після перерви в 2-6 тижнів карти заповнюють знову.

У рівнинних районах карти площею 0,1-0,6 га оточують дамбами. Величина поливної норми[8] сягає 200-400 мм, а кількість норм впродовж року – 6-10, а

[8] *Поливна норма — кількість води, яку подають на поле за один полив, вимірюється в м^3/га або мм шару води.*

іноді і більше. В умовах нерівного рельєфу розподілювачі розташовують по найвищих позначках з ухилом 1%. При цьому на кожні 50 м довжини розподілювача влаштовують відповідні регулятори. Поперечний ухил схилу складає 2-5‰, а його ширина 30-60 м. Дамби висотою 0,5 м відділяють карти в їх найнижчих зонах [6].

Зрошувані поля обладнані дренажною системою з діаметром дрен 75-100 мм і кроком 8-12 м. Глибина прокладки дрен 1,2-1,5 м.

Таблиця 4.10

Гідравлічне навантаження на поля зрошування

Характеристика навантаження	Навантаження гідравлічне в залежності від властивостей ґрунту, $дм^3/(м^2 \times доб)$		
	Пісок	Супісок	Суглинок
Середнє навантаження	5	3,5	2,5
Навантаження в районах з малою кількістю опадів:			
— вирощування овочів	6	5	4
— луки	10	6—8	4—6

Якщо проникність ґрунту висока, а рівень ґрунтових вод низький (тобто менше 2 м) дренажні системи можна не влаштовувати.

На полях зрошування 10-20% площі зайнято під дорогами, розподілювачами, дамбами. Трудоємність обслуговування таких сільськогосподарських угідь в 2 рази вище, ніж в звичайних умовах, тому таке рішення в сільській місцевості, через його трудомісткість і потребу кваліфікованої праці не завжди є вигідним.

Полив напуском по борознах. Для відводу стічних вод від літніх наметових містечок або таборів можна застосовувати метод поливу напуском по борознах. У цьому випадку в водопроникних ґрунтах на відстані близько 2 м одна від одної влаштовують борозни шириною близько 500 мм і глибиною 300 мм. Перевага такого методу полягає в простоті, оскільки він не вимагає особливих витрат і не залежить від рівня ґрунтових вод. Для вказаної системи передбачається влаштування огорожі. При насадженні дерев перевага надається швидкоростучим рослинам. У зимовий час борозни піддаються регенерації. Органічні речовини, що накопичилися на поверхні борозни розкладаються. При необхідності борозни можна легко і швидко розпушувати.

4.3.3. Біологічні ставки

Очищення стоків в водному середовищі. Метод очищення стічних вод в водному середовищі базується на процесах самоочищення водойм. На цій основі в практиці очищення стоків використовують різноманітні ставки, для яких дуже важливим є вміст кисню в воді [20]. Ефективність очищення стоків в таких ставках характеризується достатньо високими показниками (рис.4.19).

Стічні ставки є відкритими збірниками і слугують для біологічного

очищення стоків за участю мікроорганізмів (табл..4.11). В залежності від процесів, що протікають в таких ставках, розрізняють:

– анаеробні ставки, в якій переважає процес метанового бродіння,

– факультативні ставки, в яких у верхньому шарі протікають аеробні процеси а в нижньому - анаеробні,

– аеробні ставки, в яких процес розкладання забруднюючих речовин відбувається в аеробних умовах.

З огляду на призначення і різницю в протіканні технологічних процесів ставки поділяють:

– ставки стабілізаційні, в яких очищення стічних вод протікає виключно під впливом природних факторів, в разі аеробної стабілізації осаду ставки стабілізаційні використовуються також виключно для виділення завислих часток, і тоді вони називався седиментаційними ставками;

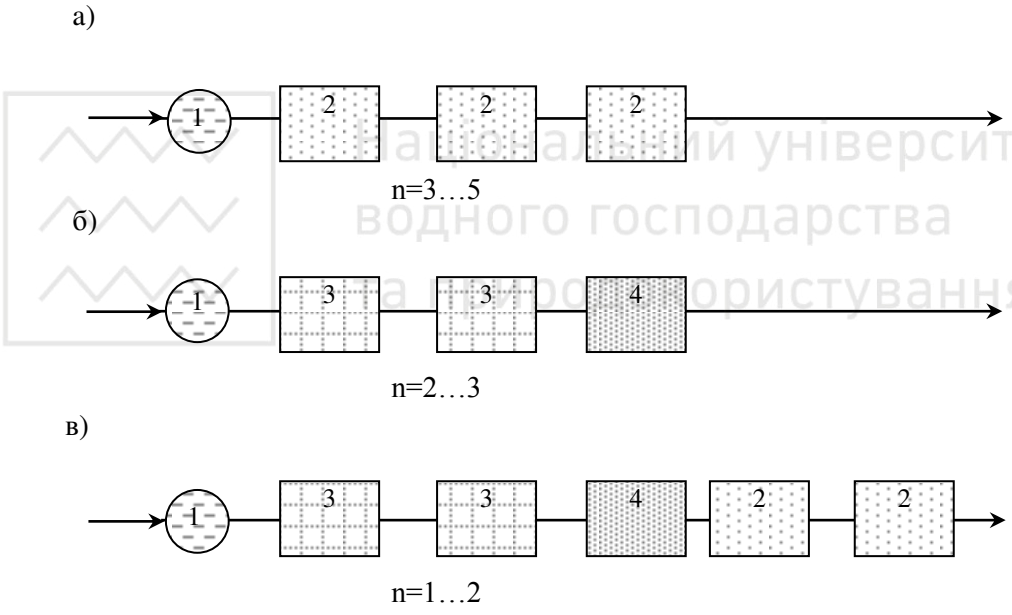


Рис.4.19. Схеми очищення малих об'ємів господарсько-побутових стічних вод в факультативних ставках з примусовою аерацією:
а) неповне біологічне очищення, б) повне біологічне очищення стічних вод, в) повне біологічне очищення з високою ефективністю 1 - відстійник, 2 - ставки стабілізаційні, 3 – аераційні ставки, 4 – ставки-відстійники, n - кількість ставків у схемі очищення

– аераційні ставки, в яких процес очищення стоків досягається завдяки штучній аерації (аеробні або факультативні);

– рибні ставки, в яких очищення стоків пов'язане з харчуванням риб.

Окрім водних ставків для очищення стічних вод в водному середовищі застосовуються біоплато.

Таблиця 4.11

Максимальні продуктивності біологічних ставків і концентрації забруднень, що допускаються у стічних водах

Вид обробки стічних вод на біологічних ставках	Витрата стічних вод, $м^3$/добу	$БПК_{повн}$ стічних вод, мг/л
Очищення з аерацією:		
– природною	До 5000	До 200
– штучною	До 15000	До 500
Доочищення з аерацією:		
– природною	До 10000	До 25
– штучною	Не обмежено	До 50

Залежно від глибини ставка, навантаження і виду стоків процес їх очищення може відбуватися в аеробних і анаеробних умовах, але найчастіше ставки стабілізаційні працюють як факультативні. В таких ставках одночасно розвиваються бактерії і водорості. За цих умов бактерії зумовлюють розкладання забруднень, а водорості використовують прості продукти їх розкладу і сонячну енергію, генеруючи кисень завдяки фотосинтезу. Найбільш важливими факторами, що впливають на ефективність очищення стічних вод у таких ставках є сонячне світло, температура і кисень. Стабілізаційні ставки, як правило, застосовуються в багатоступінчастих схемах, таких як анаеробні і факультативні; б) анаеробні; в) факультативні і аеробні. В стічній воді, що відводиться зі ставка, містяться завислі речовини, до складу яких входять водорості та інші мікроорганізми, а також не окислені завислі домішки, що зумовлює значну величину $БПК_5$ (рис.4.20).

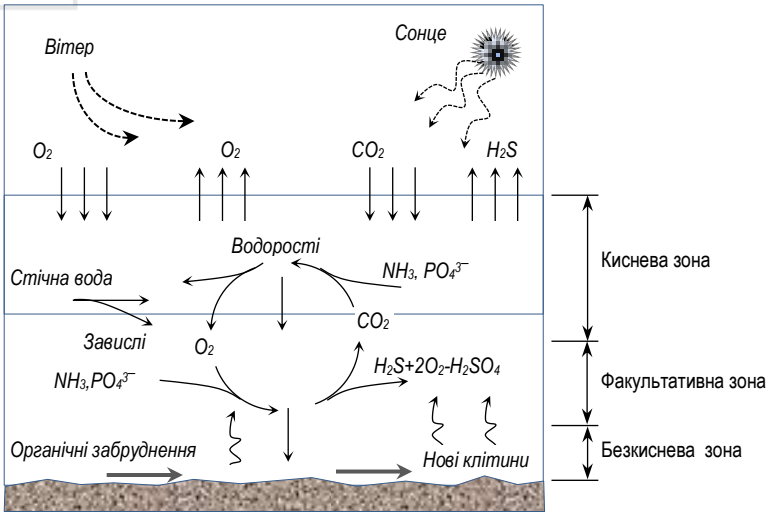


Рис. 4.20. Розташування зон очищення стічних вод в факультативному стабілізаційному ставку

Для ефективно використання об'єму важливим є розосереджений впуск в став і відведення із нього очищених стоків. Використання затоплених притоків

і відтоків стічних вод запобігає замерзанню обладнання в холодну пору року. На відводах влаштовують перегородку, що сприяє підтриманню необхідного рівня води в ставку. Схема монаха[9] встановленого на відводі з ставка стічних вод, показана на рисунку 4.21.

Стічні води перед очищенням на біологічних ставках проходять ґрати (із прозорами не більш 16 мм) і первинні відстійники. Перед ставками доочищення відстійники, як правило, не застосовують. Ефект очищення стічних вод за завислими речовинами у первинних відстійниках складає 40%, що відповідає зниженню $БПК_{повн}$ «сирої» стічної рідини на 15 – 20%. У багатоступінчастих біологічних ставках передбачається можливість аварійного відключення будь-якого ступеня і його спорожнювання.

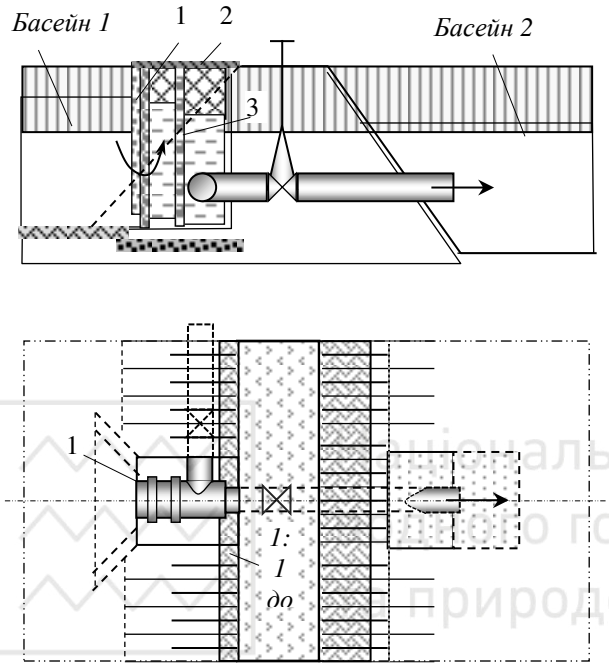


Рис. 4.21. Схема монаха на відводі стічних вод з стабілізаційного ставка:
1 - дефлектор, 2 - кришка, 3 - клапан для регулювання рівня води

Хлорування стічних вод у схемах очищення з біологічними ставками проводиться після останнього ступеня ставків за узгодженням з органами Державного санітарного нагляду. Воду, що надходить у ставки, хлорувати не допускається.

Конструкції біологічних ставків

Аеробні ставки. Аеробні ставки використовуються для очищення неочищених стічних вод на першому ступені або стічних вод після їх механічної обробки в II або III ступені очищення. На відміну від стабілізаційних ставків, ці ставки обладнані системою штучного введення кисню [6,8]. Очищення стічних вод в них відрізняється від класичного процесу з використанням активного мулу через меншу можливість контролювати параметри процесу.

Розрізняють:

• аеробні ставки з повним перемішуванням, в яких біомаса мулу постійно

[9] *Монах – водоскидна споруда, складається із стояка і лежака, стояк обладнано декількома рядами шандор.*

перебуває в завислому стані (рис. 4.22а),

• ставки з частковим перемішуванням (факультативні), в яких частина завислих речовин накопичується на дні ставка (рис. 4.22б).

В аеробних ставках є умови для повного змішування стічних вод без рециркуляції, розпад забруднюючих речовин відбувається в них подібно до процесу розпаду за участю активного мулу.

В факультативних ставках частина шламу накопичується на дні ставка і там розкладається в анаеробних умовах. Продукти розкладу видаляють під час зупинки ставка, розпушують фільтруючий шар, проводять його вапнування.

Для аерації ставків найчастіше використовуються поплавкові високообертові поверхневі аератори. Такі аератори працюють за принципом ерліфта і здатні забезпечити інтенсивність подачі повітря не менше 10 $м^3/(год \times м^2)$. Стиснуте повітря потрапляє в стічні води через фільтроси або дірчасту решітку з розмірами вічок 1,5…3 мм, що встановлені на вертикальних стояках.

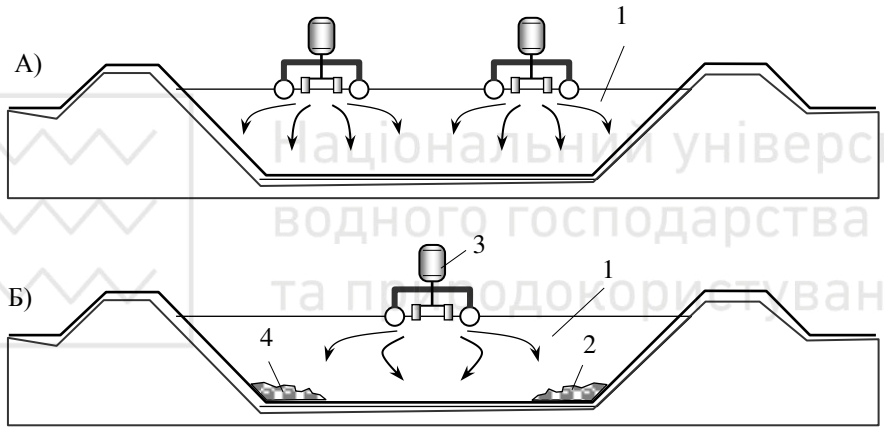


Рис. 4.22. Типи аеробних ставків: а) аеробний, б) факультативний:
1 - кисневе середовище, 2 - анаеробне середовище, 3 - плаваючий пристрій аерації, 4 - донні відкладення

Біологічні ставки влаштовують на слабофільтруючих ґрунтах. Дно біологічного ставка влаштовують горизонтальним по всій площі. Форму біологічних ставків у плані приймають у залежності від виду аерації стічних вод: прямокутної (при пневматичній і механічній аерації) і круглої (при планетарних аераторах). Для запобігання розвитку вищої водної рослинності на берегах і захисту берегів від хвильової ерозії внутрішні укоси дамб необхідно викладати каменем, плитами: нижче рівня води на глибину проникання світла (звичайно 1 м) і вище рівня води – смугою шириною 0,5 м. Щоб уникнути сповзання плит, на дамбі роблять уступ, що відповідає товщині плити.

Дамби біологічних ставків влаштовують з ґрунтів, здатних зберігати постійну форму. Ширина по верху дамб і гребель повинна бути не меншою від 2,5 м, по верху розділових дамб – 1 – 1,5 м. Перевищення будівельної висоти

дамби над розрахунковим рівнем води приймається з урахуванням нагону хвилі не менш 0,5 м (рис.4.23) [6].

Співвідношення між довжиною l і шириною b ступенів біологічних ставків, призначених для очищення і доочищення стічних вод, приймається при природній аерації $l:b$=20 – 30 і більше, при штучній аерації $l:b$=1 – 3 (не більше). Гідравлічну глибину ставків із природною аерацією приймають 0,5 – 1 м, зі штучною аерацією – 3 – 4,5 м у залежності від характеристики аеруючого пристрою.

У ставки з природною аерацією стічна рідина впускається розосереджено. При $БПК_{повн}$>200 мг/л відстань між впускними отворами 5 – 10 м, при $БПК_{повн}$<200 мг/л – 10 – 15м. У ставки з пневматичною аерацією стічна рідина впускається по горизонтальному трубопроводу, вихід якого спрямований нагору під кутом 90° і розташований на бетонній подушці (кінець труби повинен бути нижче передбачуваної поверхні льоду); у ставки з механічною аерацією – по трубопроводу безпосередньо в зону активного перемішування.

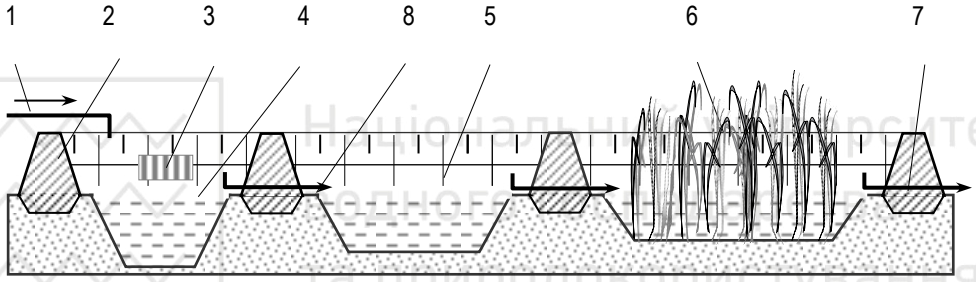


Рис. 4.23. Аеробні біологічні ставки:
1 – подача стічної води; 2 – дамба; 3 – аератор; 4 – карта біоставка з штучною аерацією; 5 – карта біоставка з природною аерацією; 6 – карта біоставка з вищою водною рослинністю; 7 – трубопровід чистої води; 8 – перепускні канали

Слід передбачати запобігання розмиву дна ступенів біологічного ставка. Випуск очищеної води повинен здійснюватися через переливні пристрої, розташовані на (0,15 – 0,2)H нижче рівня води або нижньої поверхні льоду (де H – глибина води).

Для пневматичної аерації біологічних ставків застосовують перфоровані поліетиленові труби. У ставках очищення їх монтують перпендикулярно потокові рідини на підставках на відстані 20 – 30 см від дна; діаметр отворів 2,5 – 3 мм; отвори парні, розташовані на протилежних сторонах труби. Механічні аератори встановлюють на понтонах. Для запобігання розмиву дна ставка під аератором улаштовують площадку зі збірних залізобетонних плит з монолітними стиками. Для обслуговування аераторів передбачають плавучі засоби і влаштовують причали.

Рибні ставки. Рибні ставки використовуються виключно для очищення стічних вод в якості II-го або III-го ступенів очищення. Необхідна поверхня ставка розраховується виходячи з кисневого балансу води (вміст кисню у воді не повинен опускатися нижче 3 мг/дм^3). За цих умов в ставки варто подавати

попередньо очищені стічні води з *pH* = 7,2-7.8, що розбавлені з річковою водою від 1:3 до 1:5 влітку і від 1:5 до 1:6 взимку. В таких ставках розводять коропів, рідше линів. Під час експлуатації ставу з його поверхні періодично видаляється зайва рослинність.

Ефективність очищення стічних вод в рибних ставках є достатньо високою. Кількість бактерій зменшується на 90-95%, *БПК* і відновлення органічного азоту сягає 80-85%. Стічні води, що відводяться зі ставка достатньо прозорі, чисті і не загнивають.

Ставки Лемна (LEMNA). В процесі очищення стічних вод в таких ставках активну участь беруть ряска та інші вільно плаваючі рослини [30].

Взимку ряска перебуває на дні ставка в вигляді спор, що зумовлює уповільнення біохімічних процесів.

Такі ставки використовуються переважно в схемі: ставок аеробний - ставок Lemna. Зниження $БПК_5$ сягає 95% (96-97% взимку і 90% влітку). У період високих температур спостерігається зменшення загального азоту на 55-60%, азоту амонійного на 75-90%, загального вмісту фосфору на 50-60%.

Одночасно з видаленням (збором) ряски видаляються локалізовані в ній забруднення. В подальшому ряска може використовуватися в якості кормової добавки, додатку до компосту або в якості зеленого добрива.

Ставки гідрофітові. Очисні споруди такого типу зустрічаються у вигляді природних або штучних боліт. Оскільки це грунтово-рослинна або водно-рослинна система, то очищення стічних вод в ній протікає подібно до того, як це відбувається в природних водно-болотних екосистемах [9,28]. В очисних спорудах такого типу рівень води впродовж року є достатньо високим. Завдяки цьому факту забезпечується життєдіяльність рослин, що, в свою чергу, сприяє розвитку гетеротрофічних мікроорганізмів – активних учасників біохімічних процесів очищення стоків. При цьому досить важливими є процеси біосорбції, які зумовлюють видалення зі стічних вод сполук азоту і фосфору.

В процесі очищення стоків особлива роль належить макрофітам, тобто вищій водній рослинності (очерет, лепеха, водяна лілія, ірис тощо), чиї стебла формують умови руху газів. Зокрема їхні листя і стебла, що розташовані над водою, сприяють дифузійному перенесенню кисню в кореневу систему, а з неї і в прикореневу зону ґрунту. Завдяки присутності кисню в прикореневій зоні по висоті ставка формуються зони: аеробна, нітратна, сірководнева і метанова, що сприяє підвищенню ефективності очищення стічних вод.

Такі очисні споруди характеризуються високою стійкістю до зміни кількості і якості стічних вод (технологічна інерція). Окрім того, завдяки життєдіяльності макрофітів формуються умови безвідходного процесу очищення стоків.

Для використання такої технології (водно-болотних угідь) в схемах очищення стоків необхідно відведення значних площ. Питомий показник площі поверхні такого ставка на еквівалентну кількість мешканців (ем) населеного пункту в разі використання очеретів сягає 5…20 м^2/ем, а в разі використання верби – 75…105 м^2/ем.

Національний університет водного господарства та природокористування

Вилучення сполук азоту і фосфору в таких ставках достатньо високе, особливо коли вони працюють в якості 2-го і 3-го ступенів біологічного очищення стоків.

Контрольні питання

1. Суть роботи біофільтрів.
2. Фільтрувальний матеріал біофільтрів.
3. Конструктивні особливості краплинних біофільтрів, біофільтрів високого навантаження і баштових біофільтрів.
4. Процес насичення киснем повітря товщі фільтруючого шару краплинних біофільтрів.
5. Раціональні області застосування краплинних біофільтрів, біофільтрів високого навантаження і баштових біофільтрів.
6. Особливості роботи краплинних біофільтрів при $БПК_{повн}$ >220 мг/л.
7. Основні фактори впливу на ефективність роботи краплинних біофільтрів.
8. Конструктивні особливості біофільтрів високого навантаження.
9. Суть роботи біофільтрів високого навантаження.
10. Основні фактори впливу на ефективність роботи біофільтрів високого навантаження.
11. Конструктивні особливості та принцип роботи баштових біофільтрів.
12. Конструктивні та технологічні особливості біофільтрів з листовим заповнювачем.
13. Конструктивні особливості біофільтрів конструкції "Klarpak".
14. Суть розрахунку зрошувальних систем біофільтрів.
15. Конструктивні і технологічні особливості біофільтрів з заповнювачем із торфу.
16. Конструкція та принцип роботи дискових біофільтрів.
17. Основні фактори впливу на тривалість аерації стічних вод в аеротенках.
18. Зміна параметрів процесу очищення стічних вод в залежності від коефіцієнта рециркуляції активного мулу.
19. Особливості конструкції і принципу роботи аеротенків з регенераторами.
20. Основні фактори впливу на питому витрату повітря в аеротенках.
21. Конструкція і умови застосування аеротенків-змішувачів.
22. Конструкція і умови застосування аеротенків-витискувачів.
23. Конструкція і умови застосування аеротенків-відстійників з примусовою циркуляцією активного мулу.
24. Конструкція і умови застосування аеротенків-прояснювачів з похилими бічними стінками.
25. Особливості та умови застосування аеротенків з високими дозами активного мулу.
26. Особливості та умови застосування аеротенків з низьконапірною аерацією.
27. Особливості конструкції біотенків та умови їх застосування.
28. Особливості конструкції окситенків та умови їх застосування.
29. Особливості конструкції аеротенків з системою аерації «затопленим струменем» та умови їх застосування.
30. Особливості конструкції аеротенків з механічними та пневмомеханічними аераторам і умови їх застосування.
31. Основні фактори, що впливають на кількість турбінних аераторів в аеротенку.
32. Суть стадій анаеробного розпаду органічних речовин в анаеробних зброджувачах.
33. Анаеробні зброджувачі стічних вод та умови їх застосування.
34. Особливості конструкції та умови застосування циркуляційних окисних каналів.

35. Суть методу та ефективність очищення стічних вод в грунтовому середовищі.
36. Поля фільтрації: конструктивні особливості та область застосування.
37. Особливості роботи полів фільтрації в зимовий період.
38. Призначення та конструктивні особливості дренажних систем полів фільтрації.
39. Конструктивні особливості та область застосування підземного зрошення стічними водами.
40. Основні технологічні параметри споруд підземного зрошення та їх вплив на ефективність очищення стічних вод.
41. Конструктивні особливості та область застосування полів зрошення стічними водами.
42. Режими подачі стічних вод на поля зрошення.
43. Основні технологічні параметри полів зрошення та і їх вплив на ефективність очищення стічних вод.
44. Суть процесу очищення стічних вод по борознах та область його застосування.
45. Конструктивні особливості та область застосування біологічних ставків для очищення стічних вод.
46. Класифікація біологічних ставків за процесами, що протікають в них.
47. Схеми очищення малих об'ємів господарсько-побутових стічних вод в факультативних ставках з примусовою аерацією та область її застосування.
48. Вплив глибини біологічного ставка на процеси очищення стічних вод.
49. Способи насичення стічних вод біоставків киснем повітря.
50. Вимоги до грунтів, на яких влаштовують біологічні ставки.
51. Особливості застосування рибних ставків та ефективність очищення стічних вод.
52. Особливості очищення стічних вод в біологічних ставках Лемна.
53. Особливості очищення стічних вод в гідрофітових ставках.
54. Основні фактори, що позначаються на ефективності очищення стічних вод в біологічних ставках.

Література

1. Воронов Ю. В., Саломеев В. П., Ивчатов А. Л. и др. Реконструкция и интенсификация работы канализационных очистных сооружений. Под ред. С.В.Яковлева. – М. : Стройиздат, 1990. – 224 с.
2. Гапочка Л. Д. Об адаптации водорослей. – М. : МГУ, 1981. – 80 с.
3. Жмур Н. С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аеротенками. – М. : Акварос, 2003. – 506 с.
4. Запольський А. К. Водопостачання, водовідведення та якість води: Підручник. – К. : Вища школа, 2005. – 671 с.
5. Земляк М. М., Свердликов А. И., Маркова Н. П. Интенсификация процессов биологической очистки сточных вод. Промышленность. Обзорн. информ. //Сер. Охрана окружающей среды и рац. использ. природн. ресурсов. Вып. 2. К.: УкрНИИНТИ, 1989. – 72 с.
6. Канализация населенных мест и промышленных предприятий. Справочник проектировщика./Н. И. Лихачев, И. И. Ларин, С. А. Хаскин и др.; Под ред. В.Н.Самохина. 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 1981. – 638 с.
7. Карелин Я. А., Журов В. Н., Жуков Д. Д. Очистка сточных вод в биологических прудах. – М. : Стройиздат, 1986. – 74 с.
8. Ковальчук В. А. Очищення стічних вод. – Рівне: ВАТ «Рівненська друкарня», - 2002. – 622 с.
9. Кульский Л. А., Сиренко Л. А., Шкавро З. Н. Фитопланктон. К.: Наукова думка,

Національний університет водного господарства та природокористування

1986. – 134 с.
10. Ласков Ю. М., Воронов Ю. В., Калицун В. И. Примеры расчетов канализационных сооружений. Учебн.пособие для вузов – 2-е изд., переаб. и доп. – М. : Стройиздат, 1987. – 255 с.
11. Мякишев В. А. Модернизация коммунальных систем водоснабжения и водоотведения. – Симферополь : НАПКС, 2005. – 200 с.
12. Найденко В. В., Кулакова А. П.,Шеренков И. А. Оптимизация процессов очистки природных и сточных вод. – М. : Стройиздат, 1984. – 151 с.
13. Синев О. П. Интенсификация биологической очистки сточных вод. – К. : Техніка, 1983. – 108 с.
14. Ситэр Э., Фишер М. Пособие специалиста по очистке стоков. Немецкое объединение по водному хозяйству. Перове изд. на рус.яз. Изд. Зайдель-Пживецки. – Варшава 2002. – 407 с.
15. Строительные нормы и правила (СНИП) 2.04.03-85. Канализация. наружные сети и сооружения. – М. : Стройиздат, 1986. – 72 с.
16. Таварткиладзе И. М. Сорбционные процессы в биофильтрах. – М.: Стройиздат, 1989. – 128 с.
17. Таварткиладзе И. М., Клепикова В. В. Очистка сточных вод на биофильтрах. – К. : Будівельник, 1983. – 72 с.
18. Хенце М., Армоэс П., Ля-кур-янсен Й., Арван Э. Очистка сточных вод (Биологические и химические процессы). Перев. с англ., к.т.н. Т.П.Мосоловой, под ред д.х.н., С.В.Калюжного. – М. : Изд. «Мир», 2004. – 480 с.
19. Яковлев С. В., Воронов Ю.В. Биологические фильтры. – М. : Стройиздат, 1982. – 72 с.
20. Яковлев С. В., Карелин Я. А., Ласков Ю. М., Калицун В. И. Водоотведение и очистка сточных вод. – М.: Стройиздат, 1996. – 591 с.
21. Яковлев С. В., Карюхина Т. А. Биохимические процессы в очистке сточных вод. – М. : Стройиздат, 1980. – 200 с.
22. Яковлев С. В., Скирдов И. В., Швецов В. Н. и др. Биологическая очистка производственных сточных вод. Процессы аппараты и сооружения. Под ред. С.В.Яковлева. – М. : Стройиздат, 1985. – 208 с.
23. Heidrich Z., Kalenik M., Podedworna J, Stańko G. Sanitacja wsi. Wydawnictwo Seidel-Przywecki sp. z o.o Warszawa 2008. – 374 st.
24. Imhoff K. Kanalizacja miast i oczyszczanie ścieków. Poradnik. Projprzem-EKO. Bydgoszcz. 1996 . – 450 st.
25. Łomotowski J., Szpindor A. Nowoczesne systemy oczyszczania ścieków. Wydawnictwo „Arkady". Warszawa 2002. – 456 st.
26. Olszta W. Podstawy inżynierii wodnej środowiska. Wydawnictwo Uczelniane, Lublin, 2004. – 639 s.
27. Siter E., Fischer M. Podręczny poradnik oczyszczalni ścieków. Wydane przez Abwassertechnische Vereinigung e.V. Wydawnictwo Seidel-Przywecki sp. z o.o Warszawa 1998. – 482 st.
28. *Kowalik P., Obarska-Pempkowiak H.:* Oczyszczanie wód i ścieków w systemach hydrofitowych. Przegląd Komunalny nr 3, 1997.
29. *Kuczewski K.:* Skuteczność oczyszczania ścieków bytowo-gospodarczych na biologicznych ociekowych złożach torfowych. ZN AR we Wrocławiu. Rozprawa habilitacyjna nr 92. Wrocław 1991.
30. Sikorski M., Borys K.: Ocena oddziaływania na środowisko oczyszczalni ścieków typu LEMNA. Zeszyt Problemowy PZITS nr 672 — Technika Sanitarna Wsi Wrocław 1993.

5. ФЛОТАЦІЯ. ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРИЙОМИ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД В ЕЛЕКТРИЧНОМУ ТА МАГНІТНОМУ ПОЛЯХ

5.1. Фізико-хімічні основи флотаційного процесу

5.1.1. Умови протікання процесу флотації

Вилучення із рідини дрібнодисперсних забруднень відбувається внаслідок їх прилипання до бульбашок газу[1] і транспортування утворених агрегатів на поверхню води. Накопичення на поверхні рідини таких агрегатів зумовлює формування пінного шару [3].

Процес прилипання значною мірою визначається поверхневими явищами змочування, які виникають у місцях зіткнення трьох фаз: рідина - газ - тверде тіло.

Ступінь змочування твердої поверхні рідиною (за неповного змочування) кількісно визначають величиною крайового кута змочування θ, відлік якого проводять в бік рідкої фази так, як показано на рис. 5.1.

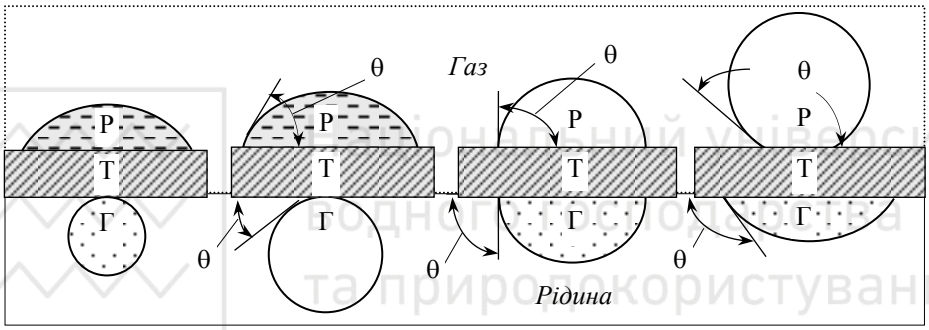


Рис. 5.1. Різні випадки змочування:
Т - тверде тіло; Г - газ; Р - рідина; θ - крайовий кут

За відношенням до води тверді тіла можуть бути гідрофобними, гідрофільними або займати проміжне положення. Частинки з гідрофобних речовин добре сорбуються на поверхні пухирців повітря і легко флотуються. Частинки з гідрофільних речовин погано сорбуються на поверхні пухирців повітря і не можуть флотуватися. Речовини з гетерополярною будовою молекул спроможні гідратуватися при уведенні в рідину поверхнево-активних речовин (реагенти-збирачі).

Найпоширеніші в практиці флотації реагенти-збирачі, що застосовуються в практиці очищення стічних вод: нафта, гас, мазут, смоли, жирні кислоти та їх солі, алкілсульфати, меркаптани, дитіокарбонати, дитіофосфати, аміни, солі амонію тощо.

Активізуюча дія розчинених газів на флотацію найбільш помітна в присутності реагентів-збирачів. Флотація крупніших частинок забруднень потребує більших за розміром пухирців газу. Стабільність розмірів пухирців газу сприяє ефекту флотації.

[1] *Газ вводиться в воду або виділяється з неї*

Дисперсності бульбашок газу і їх стійкості сприяють реагенти-піноутворювачі. До піноутворювачів належать соснова олія, креозол, феноли та деякі синтетичні миючі речовини - алкілсульфонат натрію тощо. Більшості флотореагентів, особливо синтетичних, притаманні як збиральні, так і спінювальні властивості.

Флокуляція створює кращі умови для флотації шламових частинок [18]. Інколи для збільшення розмірів частинок доцільно застосувати коагулювання, особливо в тих випадках, коли одночасно із дрібними часточками потрібно флотувати і більші.

Під час флотації вода із шару піни (шламу) поступово стікає вниз. За 5 – 10 год нагромаджування шламу кількість твердої речовини в ньому збільшується від 1 – 2 до 6 – 10%. На бульбашки повітря в такому шламі припадає 20 – 30% загального об'єму.



Рис. 5.2. Графік ущільнення флотаційних шламів у часі:
W – відносний об'єм шламу

Слід зазначити, що шлам вологістю близько 90%, надалі ущільнюється і зневоднюється набагато повільніше (рис. 5.2).

Ущільнення шламів відбувається найбільш інтенсивно в перші 2 год, потім процес уповільнюється.

5.1.2. Флотація в технології очищення стічних вод

Процес флотації застосовують для поділу мулових сумішей, а також для видалення зі стічних вод жирів, нафтопродуктів, латексів, смол, гідроокисів, продуктів органічного синтезу, поверхнево-активних речовин, дрібнодисперсних завислих речовин, що мають гідравлічну крупність до 0,01 мм/с, деяких емульсованих рідин, гідроокисів важких металів, полімерів і т.ін.

Розрізняють компресійний (напірний), механічний (імпелерний), барботажний, біологічний, електричний, хімічний і вакуумний способи флотації [6,17].

Найширше застосування в практиці очищення стічних вод і поділу мулових сумішей набула компресійна (напірна) флотація. При напірній

флотації рідину пропускають через сатуратор, в якому відбувається її насичення повітрям під тиском. Повітря вводять за допомогою компресора або через ежектор, установлений на перемичці між усмоктувальними і напірним патрубками відцентрового насоса. Кількість повітря, що розчиняється, залежить від температури води і тиску в сатураторі (рис. 5.3).

Тиск у сатураторі складає 0,3 – 0,5 МПа. Із сатуратора вода надходить у флотаційну камеру, у якій за рахунок зниження тиску до атмосферного відбувається виділення розчиненого повітря і здійснюється процес флотації. Флотатори обладнують пристроями для збору і видалення завислих речовин (піни), а також осаду. За прямоточної флотації весь об'єм стічної води надходить у сатуратор, при рециркуляційній – у сатуратор подається 20 – 50% її об'єму. За частково-прямоточної флотації в сатуратор направляється близько 30 – 70% неочищеної стічної води, а інша частина – безпосередньо у флотаційну камеру (рис. 5.3.). При використанні реагентів схема доповнюється відповідними пристроями (змішувачами, камерою пластівцеутворення і т.ін.). При подачі води у флотаційну камеру за напірного режиму флотації мікропухирці повітря виникають безпосередньо на частках забруднень, що забезпечує оптимальні умови утворення аерофлокул [3]. Прямоточна схема флотації найбільш проста в її реалізації, однак вона вимагає високих енергетичних витрат. Цю схему недоцільно застосовувати при вилученні зі стічної води колоїдних або пластівчастих часток, які можуть бути зруйнованими в процесі сатурації або при перекачуванні відцентровим насосом.

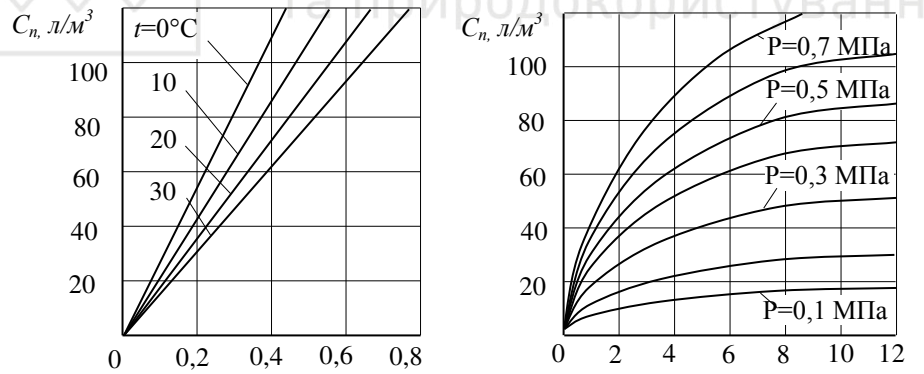


Рис. 5.3. Розчинність повітря у воді:
а – при різному тиску і температурі; б – при різному тиску і тривалості насищення, Р – тиск, кПа/100

Рециркуляційну флотацію (рис.5.4, б) застосовують при очищенні стоків, які містять завислі речовини, при використанні коагулянтів і флокулянтів, а також при доочищенні біологічно очищених стічних вод і ущільненні

активного мулу. У цьому випадку загальна витрата повітря менша, ніж за прямоточної флотації. Питома витрата повітря на одиницю речовини, що видаляється, регулюється кількістю рециркулюючої стічної води. За рециркуляційної флотації необхідно збільшувати об'єм флотаційної камери.

Схему використовують, якщо концентрація забруднень не перевищує 3 г/л, і в тих випадках, коли структура забруднень не допускає їх перекачування.

Частково-прямоточна схема флотації (рис.5.4, в) дозволяє скоротити енергетичні витрати в порівнянні з прямоточною і не вимагає збільшення об'єму флотаційної камери в порівнянні з рециркуляційною схемою. Реагенти подають у змішувальний пристрій у дозах, необхідних для обробки всієї кількості стічної води. При сумісному використанні коагулянтів і флокулянтів їх вводять у стічну воду послідовно з інтервалом 1 – 3 хв.

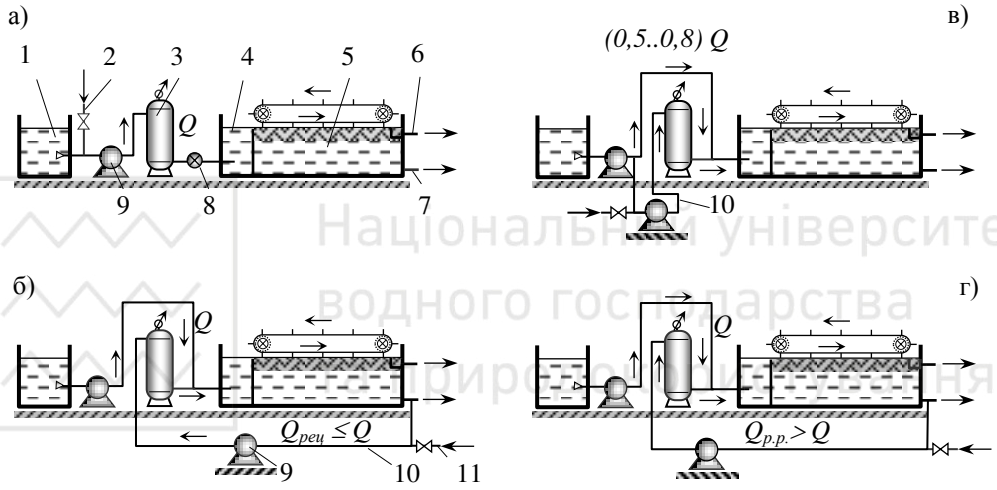


Рис. 5.4. Схеми подачі води насосами на напірну флотацію:
а) схема прямої флотації; б) схема флотації з рециркуляцією стічної води; в) схема флотації з частковою подачею води на сатуратор; г) схема флотації зі значним об'ємом води в рециркуляційному циклі
1 – ємність стічної води; 2 – трубопровід повітря; 3 – напірний бак; 4 – приймальне відділення; 5 – флотаційне відділення; 6 – трубопровід відводу шламу; 7 – трубопровід відводу очищеної води; 8 – регулятор тиску; 9 – насос; 10 – трубопровід рециркуляційний; 11- подача чистої води

Схему, представлену на рис. 5.4,г, доцільно застосовувати, якщо концентрація нерозчинених домішок становить понад 2 г/л.

Ефективність застосування тієї чи іншої схеми значною мірою залежить від концентрації нерозчинених домішок у стічній воді, їх видів і структури.

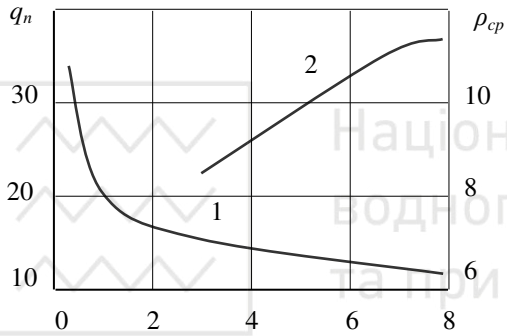
Процес флотаційного очищення стічної води, яка містить до 100 – 150 мг/л завислих речовин або нафтопродуктів, характеризується наступними значеннями технологічних параметрів:

навантаження на поверхню флотаційної камери, $м^3/(м^2 \cdot год)$	3 – 6
те ж, на сатуратор	20 – 80
тиск у сатураторі, МПа	0,5

час перебування стічної води, хв:	
у сатураторі	1 – 2
в флотаційній камері	15 – 30
у камері пластівцеутворення	10 – 15
у змішувачі	1 – 1,5
доза поліелектроліту:	
для очищення води, г/м^3	6 – 7
те ж, коагулянту, мг/л	50 – 100
вологість пінного продукту, що видаляється, %	94 – 98
те ж, що випав в осад, %	98 – 99
глибина робочої зони флотаційної камери, м	1,5 – 3

Нестача повітря, а інколи і його надлишок знижують ефект флотації. Із збільшенням концентрації нерозчинених забруднень питома витрата повітря зменшується, а максимально допустиме навантаження за сухою речовиною зростає (рис. 5.5).

При флотації осаду стічної води гідравлічні навантаження повинні бути знижені на 40%, а дози реагентів збільшені. При флотації біологічно очищеної стічної води навантаження збільшують на 30 – 40% у порівнянні з умовами очищення звичайної води.



Розрахункова концентрація твердої фази, г/л

Рис. 5.5. Залежність питомої витрати повітря і навантаження за сухою речовиною від концентрації твердої фази: q_n – питома витрата повітря у л/кг забруднень, що вилучаються (1); ρ_{cp} – максимально допустиме навантаження за сухою речовиною, кг/(год×м^2), якщо h_p=1м (2)

Електрофлотаційні установки застосовують для обробки невеликої кількості стічної води і технологічних розчинів при витраті не більше 20 – 40 м^3/год з високим вмістом солі і низькою електропровідністю. Для очищення стічної води споживається постійний струм низької напруги 0,2 – 1,2 кВт/м^3; тривалість обробки 5 – 20 хв. При електрофлотації можна застосовувати флокулянти і коагулянти. Можливо також використовувати комбіновані схеми напірної флотації і електрофлотації.

Концентровані стічні води, що містять речовини, які легко переходять у піну, очищають імпелерними флотаційними машинами. У практиці очищення стічних вод використовують флотаційні машини, що випускаються для збагачення корисних копалин.

Вакуумну флотацію доцільно застосовувати для очищення невеликих витрат стічних вод з високим вмістом розчинених газів, а також після напірної флотації. У практиці застосовують комбінацію цих способів.

Пінну (барботажну) флотацію використовують, для видалення зі стічних вод речовини з поверхнево-активними властивостями.

5.1.3. Закономірності флотаційного процесу

Вивчення питань, пов'язаних з рухом газових пухирців у рідині, має важливе теоретичне і практичне значення. Процес спливання навіть одиночних пухирців має багато особливостей, пов'язаних з деформацією їхньої поверхні і зміною об’єму [3,12]. Підйомна сила спливання пухирця F_2 спрямована вгору і визначається законом Архімеда. При русі в спокійній воді пухирець відчуває силу опору F_1, що характеризується рівнянням

$$F_1 = \psi \frac{\pi \cdot r^2}{8 \cdot g} \rho \cdot v^2, \qquad (5.1)$$

де ψ – коефіцієнт опору; g – прискорення сили ваги; v – швидкість спливання пухирців; ρ – густина рідини.

При постійній швидкості спливання $F_1 = F_2$. Однак у реальних умовах користуватися цією залежністю можна лише у певних випадках. Наявність тертя і вихрових потоків між окремими фазами не дозволяє застосовувати універсальне рівняння, що характеризує швидкість спливання пухирців усіх розмірів. Дрібні пухирці повітря при спливанні в рідині підкоряються законові Стокса.

При русі пухирців для великих значень критерія Рейнольдса експериментальні дані в чистій воді узгоджуються з розрахунковими величинами, обчисленими за наступною формулою:

$$v = \frac{g \cdot r^2 \cdot \rho}{9 \cdot \eta}, \qquad (5.2)$$

де r – радіус пухирців[2]; ρ – густина води; η – в'язкість рідини.

Для визначення швидкості (м/с) спливання пухирців крупніших від 1 мм Прандтль рекомендує користуватися наближеною формулою Ньютона

$$v = K \cdot \sqrt{d}, \qquad (5.3)$$

де d – діаметр рівновеликого пухирця (кульки), мм; K – коефіцієнт.

В зв’язку з складною траєкторію спливання і зміни обрисів пухирців величина K приймається меншою, ніж це випливає за законом Ньютона (від 0,16 до 0,18). Досліди показують, що для пухирців від 1 до 2,5 мм K=0,127.

Для аналізу електрофлотаційного процесу Б.М.Матов запропонував виведену за допомогою π-теореми залежність

[2] *Розмір пухирців залежить від фізико-хімічних властивостей стічної води, способів їхнього утворення і коливається в межах від декількох сантиметрів при барботажному способі, до 80 – 20 мкм при напірній флотації і електрофлотації.*

$$\beta = \frac{\rho_1 \cdot r \cdot b \cdot i}{\eta \cdot \rho_2} \cdot \frac{\eta}{\rho_1} \cdot \frac{A \cdot \eta}{g \cdot \rho_1 \cdot r^2}, \quad (5.4)$$

де β – ступінь насичення рідини пухирцями водню; ρ_1, ρ_2 – густина рідини і газу; r – середній радіус пухирців газу, що виділяються на електроді; b – добуток електрохімічного еквіваленту газу, що виділяється в результаті електролізу на вихід за струмом; i – щільність струму на електроді; η – динамічна в'язкість рідини; A – емпіричний коефіцієнт

Флотація за допомогою повітря, яке виділяється з розчину. Цей спосіб набув досить широкого застосування в практиці очищення стічних вод, які містять дуже дрібні часточки забруднень, оскільки дає змогу одержати якнайменші порівняно з іншими способами бульбашки газу [6]. Сутність його полягає в утворенні пересиченого розчину газу в стічній рідині.

Із деяким припущенням мінімальні розміри бульбашок газу можна визначити за законом Генрі

$$P_n = k \cdot C, \quad (5.5)$$

де P_n – парціальний тиск повітря в бульбашці; k – константа Генрі, яка залежить від властивостей газу і температури; C – концентрація розчиненого повітря навколо бульбашки.

Парціальний тиск повітря в бульбашці дорівнює

$$P_n = P_{сер} + \frac{2 \cdot \sigma_{г.р}}{R_{\min}}, \quad (5.6)$$

де $P_{сер}$ – тиск у середовищі, яке оточує бульбашку; $\sigma_{г.р}$ – поверхневий натяг на межі поділу газ – рідина; R_{min} – радіус бульбашки.

Враховуючи (5.5) і (5.6) можна записати

$$R_{\min} = \frac{2 \cdot \sigma_{г.р}}{k \cdot C - P_{сер}}, \quad (5.7)$$

Проте враховуючи, що $P_{сер}$ характеризується деяким $k \cdot C_1$, тоді

$$R_{\min} = \frac{2 \cdot \sigma_{г.р}}{k \cdot (C - C_1)}, \quad (5.8)$$

де $C - C_1$ – визначає величину пересичення розчину.

За умови початкової насиченості розчину це рівняння матиме вигляд

$$R_{\min} = \frac{2 \cdot \sigma_{г.р}}{P - P_1}, \quad (5.9)$$

де $P - P_1$ – перепад тисків.

З (5.8, 5.9) видно, що для формування дрібних бульбашок треба зменшити поверхневий натяг на межі вода – повітря ($\sigma_{г.р}$) і збільшити перепад тисків $P - P_1$ та величину пересичення $C - C_1$.

Кількість повітря (для напірної флотації) обчислюють за формулою:

$$y = (P-1)\cdot b - (P\cdot b - b_a)\cdot e^{-k_t\cdot t\cdot}, \tag{5.10}$$

де b – концентрація повітря, що відповідає повному насиченню за даної температури та атмосферного тиску, мг/л; b_a – розчинність азоту у воді за даної температури та атмосферного тиску, мг/л (b і b_a можна визначити з графіка, рис. 5.6); k_t – константа швидкості розчинення газу у воді, 1/хв.

$$k_t = k_{20}\cdot\frac{b_{20}}{b}, \tag{5.11}$$

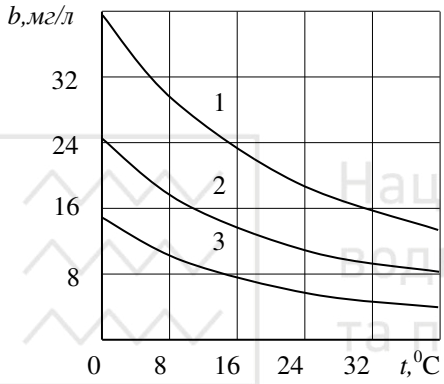


Рис. 5.6. Залежність розчинності повітря, кисню і азоту в воді від температури
1 – повітря; 2 – азот; 3 – кисень

де k_{20}, ~0,35; $t_н$ – тривалість насичення рідини повітрям, хв.

Оскільки розчинність газу у воді залежить від температури (яка для стічних вод не підлягає регулюванню) і тривалості насичення, то потрібний перепад тисків належить визначати за певної тривалості насичення $t_н$, яка зазвичай становить 0,5 – 3 хв.

Надалі, підбираючи насоси і устаткування, тиск і тривалість насичення, у разі потреби, можна визначити за виразами:

$$P = \frac{y + b - b_a e^{-k_t t_n}}{b(1 - e^{-k_t t_n})} \tag{5.12}$$

або

$$t_н = \frac{\lg(P\cdot b - b_a) - \lg\left[(P-1)\cdot b - y\right]}{0{,}434\cdot k_t}. \tag{5.13}$$

Для того, щоб забезпечити необхідний ефект флотації, потрібна кількість повітря, яка має виділитися з пересиченого розчину, становить 1 – 3% від об'єму води.

Флотація набула поширення в схемах очищення стічних вод від нерозчинених забруднень і деяких розчинених речовин. Ефективність вилучення із стічних вод цих домішок за 20 – 30 хв досягає (90 – 98%). Крім того, флотаційне очищення стічних вод супроводжується такими явищами, як аерація, зниження концентрації ПАР і бактерій, що сприяє подальшим

процесам очищення (табл. 5.1).

Таблиця 5.1

Типові результати обробки різних виробничих стічних вод методом флотації

Вид виробничих стічних вод	Вміст забруднень на вході, мг/л	Зниження після флотації, %	*БПК* чи *ХПК* на вході, мг/л	Зниження після флотації, %
Стічна вода нафтопереробних заводів	441	95	–	–
Стічна вода м'ясоконсервного виробництва	1400	85,6	1225	67,3
Стічна вода від виробництва рослинної олії	890	94,8	3048	91,6
Стічна вода від консервування фруктів і овочів	1350	80	790	60,0
Стічна вода шкіряних заводів	3790	95	2000	60
Стічна вода фабрик первинної обробки вовни	5600	98,5	11710	80

Суттєвою перевагою флотації перед відстоюванням є одержання шламу, який має більш низьку вологість, аніж осад. Вологість осаду коливається в межах 95 – 99,8%, а вологість шламу – 90 – 95%. Через це під час флотації утворюється в 2 – 10 разів менший об'єм шламу, ніж осаду при відстоюванні стічних вод.

5.2. Установки напірної флотації для очищення стічних вод від нафтопродуктів

Установки напірної флотації рекомендується застосовувати для зниження вмісту в стічних водах нафти і нафтопродуктів з 70 – 150 до 10 – 30 мг/л і механічних домішок – з 100 – 150 до 10 – 15 мг/л. Установка включає насосну станцію з реагентним господарством, приймальні резервуари для води до і після флотації, напірні баки, камеру розподілу або камеру змішування і розподілу води, колодязі з діафрагмами і ділильними шайбами, а також флотатори або флотатори-відстійники. Флотатори використовують при вихідних концентраціях нафтопродуктів у стічній воді 70 – 100 мг/л і механічних домішок 100 мг/л, флотатори-відстійники – при концентраціях нафтопродуктів 100 – 150 мг/л і механічних домішок до 150 мг/л.

Флотацію проводять з рециркуляцією стічних вод або без неї, із застосуванням реагенту або без нього. Ефективність очищення значно підвищується за рахунок застосування реагенту і рециркуляції стічних вод. Вміст нафтопродуктів у цьому випадку знижується до 10 – 15 замість 25 – 30

мг/л без застосування реагенту і без рециркуляції, а механічних домішок до 10 – 25 замість 30 – 50 мг/л.

При варіанті без рециркуляції всі стічні води, що пройшли основне нафтовловлювання, надходять у прийомний резервуар, звідки насосами подаються в напірні баки, де відбувається насичення води повітрям впродовж 1 – 2 хв під тиском 0,4 – 0,5 МПа. Повітря подають ежектором у всмоктувальну трубу насоса в кількості 3 – 5% об'єму оброблюваної води. З напірних баків вода направляється в камеру, де розподіляється між флотаторами-відстійниками [14].

При рециркуляції стічна вода, яка пройшла основне нафтовловлювання, надходить у флотатори-відстійники, минаючи напірні баки, і тільки рециркуляційна витрата стічної води що пройшла флотацію у кількості 50% насичується повітрям у напірних баках під тиском 0,4 – 0,5 МПа і змішується зі стічною водою, яка надходить на очищення (рис. 5.7). Камера розподілу в цьому випадку служить також і камерою змішування.

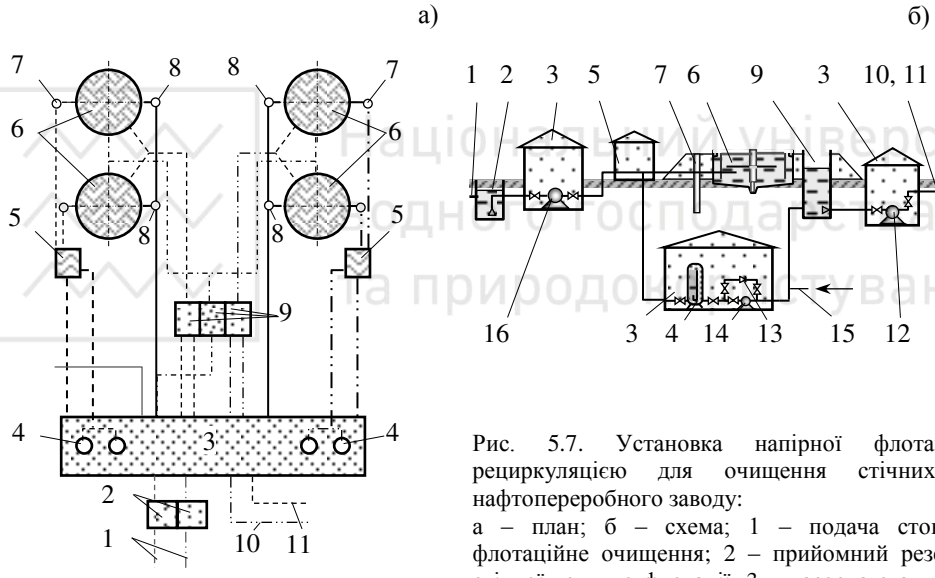


Рис. 5.7. Установка напірної флотації з рециркуляцією для очищення стічних вод нафтопереробного заводу:
а – план; б – схема; 1 – подача стоків на флотаційне очищення; 2 – прийомний резервуар стічної води до флотації; 3 – насосна станція; 4 – напірний бак; 5 – камера змішування і розподілу перед флотаційними відстійниками; 6 – флотатор; 7 – колодязь з ділильною шайбою; 8 – колодязь із засувкою; 9 – прийомний резервуар піни і стічної води після флотації; 10 – подача на споруди біологічного очищення; 11 – подача в систему оборотного водопостачання заводу; 12 – насос для подачі води в систему оборотного водопостачання або на біологічну очищення; 13 – ежектор; 14 – насос для подачі рециркуляційних витрат стічних вод на флотацію; 15 – введення реагенту; 16 – насос для подачі стічної води на флотацію; – – – – мережа стічної води 1 системи: –··–··–·· – мережа стічної води II системи; ——— – мережа нафтошламу; –·–· –· – мережа піни від флотаторів

Стічна вода надходить у флотатори-відстійники через колодязі з діафрагмою і ділильною шайбою. Діафрагма передбачається для виміру витрати води, ділильна шайба – для рівномірного розподілу води і зниження тиску до 0,05 – 0,07 МПа. Шайбу встановлюють у безпосередній близькості

від флотаційного відстійника, за нею відбувається утворення й укрупнення пухирців повітря. Діаметр шайби підбирають у залежності від показів манометра, установленого за нею, і розмірів діафрагми.

У флотаторі-відстійнику стічна вода через водорозподільник надходить у флотаційну камеру, дрібні пухирці повітря які виділяються з неї, захоплюють на поверхню завислі частки емульсованої нафти й утворюють піноподібний шар, насичений нафтою. Тут же відбувається й осадження важких завислих речовин. З флотаційної камери стічна вода направляється у відстійну зону і далі через донні отвори піднімається нагору між пінозатримуючою стінкою і стінкою відстійника, переливається через крайку водозливу в кільцевий відвідний лоток.

Піна, що утворюється на поверхні флотатора-відстійника, згрібається спеціальним механізмом у пінозбірний лоток, звідки по трубі відводиться в шламонакопичувач (при застосуванні коагулянту), або на обробку (без застосування коагулянту). Для поліпшення текучості уловленої піни передбачають її дощування, а також підігрів змійовиком по периметру пінозбірного лотка. Щоб спорожнити флотатор і видалити з нього осад у шламонакопичувач, влаштовують спеціальний трубопровід.

Насосне устаткування підбирають з урахуванням продуктивності установки і тиску, які необхідно створити в напірному баку. Насоси розміщають нижче мінімального рівня води в прийомному резервуарі, що забезпечує їхню усталену роботу при підсмоктуванні повітря у всмоктувальну лінію. Ежектор працює за рахунок різниці тисків у напірному і всмоктувальному трубопроводах.

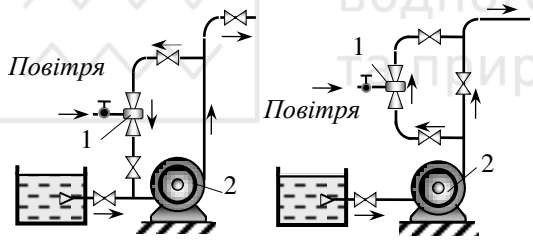


Рис. 5.8. Схеми введення повітря для напірної флотації:
1 – ежектор; 2 – насос

В якості реагенту можна застосовувати глинозем, флокулянти або суміш глинозему з флокулянтом. Реагенти вводять у всмоктувальну трубу насоса.

Флотатори можуть мати вигляд відстійників горизонтального або радіального типу з вбудованою усередині флотаційною камерою, обладнаною водорозподільником і механізмом згрібання піни (рис. 5.9, 5.10, табл.. 5.2).

При проектуванні радіальних флотаторів приймають:

– висоту флотаційної камери $H_к$=1,5м; діаметр флотаційної камери $D_к$, м, визначають за формулою

$$D_к = 0{,}6 \cdot (Q_ф / v)^{0{,}5}, \qquad (5.14)$$

де $Q_ф$ – витрата стічної води, яка надходить на один флотатор, м^3/год; v – висхідна швидкість руху води, рівна 6 мм/с;

– діаметр флотатора $D_ф$ визначають за формулою

$$D_ф=[4\cdot Q_{ср}\cdot t_o/(\pi\cdot H_o\cdot 60)]^{0,5}, \quad (5.15)$$

де t_o – час перебування у відстійній зоні – 14 – 16 хв;

– кількість осаду, що випав, $W_{ос}$, т/доб, за сухою речовиною визначають за формулою

$$W_{ос}=Q(C-C_1)/10^6, \quad (5.16)$$

де Q – витрата стічної води, яка надходить на очищення, м³/доб; C і C_1 – початковий і кінцевий вміст завислих речовин у стічній воді, г/м³;

Таблиця 5.2

Основні параметри флотаторів

Розрахункова витрата на один флотатор, м³/год	Флотаційна камера		Загальні габарити	
	Діаметр, м $D_к$	Висота, м $H_к$	Діаметр, м $D_ф$	Висота, м $H_ф$
300	4,5		9	
600	6	1,5	12	3
900	7,5		15	

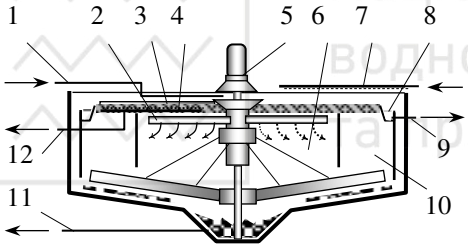


Рис. 5.9. Флотатор-відстійник:
1 – підвідний трубопровід; 2 – водорозподільник; 3 – механізм для згрібання піни і збору осаду; 4 – пінозбірний лоток; 5 – привід механізму; 6 – флотаційна камера; 7 – подача води на дощування піни; 8 – кільцевий водозбірний лоток; 9 – відвідний трубопровід; 10 – відстійна зона; 11 – трубопровід відводу осаду; 12 – трубопровід відводу піни

– час перебування у флотаційній камері 4 – 6 хв;
– загальний час перебування у флотаційній камері і відстійній зоні 20 хв;
– висота відстійної зони H_o = 1,5 м;
– висота флотатора $H_ф$ = 3 м;
– ефект затримання завислих речовин 30 – 50% (відповідно при флотуванні без коагулювання і з коагулюванням);
– вологість осаду, що щойно випав, 95% при об'ємній масі 1,05 т/м³;
– вміст нафти в осаді – 20% за масою;
– кількість нафтомісткої піни W_n, м³/год, знаходять за формулою

$$W_n=Q\cdot(A-A_1)/[0,95\cdot(100-90)\cdot 10^4], \quad (5.17)$$

де Q – витрата стічної води, яка надходить на очищення, м³/год; A и A_1 – початковий і кінцевий вміст нафтопродуктів у стічній воді, мг/л; 0,95 – об'ємна маса нафтомісткої піни, т/м³; 90 – обводненість нафтомісткої піни,

%.

Флотатори-відстійники мають вигляд радіальних відстійників із вбудованою усередині підвісною флотаційною камерою з комбінованим механізмом для розподілу стічної рідини, згрібання піни і збору осаду.

При проектуванні флотаторів-відстійників приймають:

– висоту флотаційної камери $H_к$=1,5м;
– діаметр флотаційної камери $D_к$, м, визначають за формулою

$$D_к=[4\cdot Q_ф/(\pi\cdot v_к)]^{0,5}, \quad (5.18)$$

де $Q_ф$ – витрата стічної води, яка надходить на один флотатор – відстійник, м^3/год; $v_к$ – швидкість руху води у флотаційній камері – 10,8 м/год;

– тривалість перебування у флотаційній камері – 5 – 7 хв;
– висоту флотатора-відстійника $H_ф$ = 3 м;
– діаметр флотатора-відстійника $D_ф$ визначають за виразом

$$D_ф=\{[4\cdot Q_ф/(\pi\cdot v_o)]+ D_к^2\}^{0,5}, \quad (5.19)$$

де v_o – швидкість руху води у відстійні зоні, рівна 4,7 м/год;

– загальний час перебування у флотаторі-відстійнику – 20 хв;
– ефект затримки завислих речовин – 73 – 86% (відповідно за флотації без коагулювання і з коагулюванням);

інші параметри за аналогією з флотаторами.

В схемах очищення стічної води набули поширення горизонтальні флотаційні камери (рис.5.10). У разі присутності в стічній воді значної кількості завислих речовин горизонтальні флотаційні камери проектують на продуктивність до 100 – 120 м^3/год.

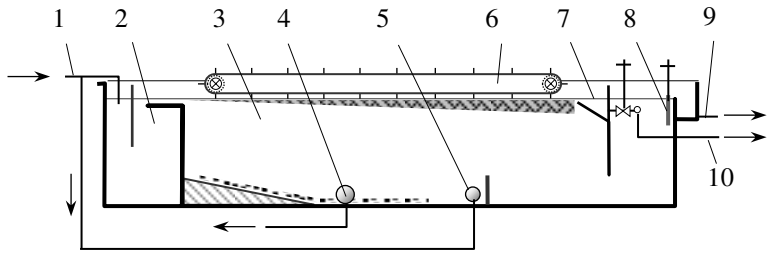


Рис. 5.10. Конструктивна схема горизонтальної флотаційної камери:
1 – трубопровід стічної води; 2 – приймальне відділення; 3 – флотаційне відділення; 4 – трубопровід для випуску осаду; 5 – додатковий трубопровід для подачі води у флотаційне відділення; 6 – скребковий транспортер; 7 – шламоприймач; 8 – регулятор рівня води; 9 – трубопровід очищеної води; 10 – трубопровід відводу шламу

Флотаційна камера розділяється вертикальною перегородкою на дві

частини – приймальну, куди перекачують стічну воду, і відстійну, де відбувається її прояснення.

Об'єм приймальної частини визначають за умови розташування в ній впускних пристроїв, які забезпечують рівномірний розподіл води за шириною камери і перемішування стічних вод. Орієнтовно об'єм приймальної частини можна прийняти із розрахунку перебування в ній стічної води впродовж 5 хв.

5.3. Пневматична флотація

Пневматичне диспергування повітря використовують для флотаційного очищення стічної води, яка містить домішки, агресивні щодо механізмів (насосів, імпелерів) із рухомими частинами [14].

Для здрібнювання бульбашок повітря впускають у флотаційну камеру крізь спеціальні сопла. Швидкість виходу струменя повітря із сопла становить 100 – 200 м/с.

Сопла розташовують на повітророзподільних трубах, укладених на дно флотаційної камери на відстані 250 – 300 мм одна від одної. Діаметр отворів сопел – 1 – 1,2 мм, робочий тиск перед соплами – 0,3 – 0,5 МПа.

За такого способу диспергування повітря тривалість флотації $t_ф$ становитиме 15 – 20 хв, проте в кожному випадку її уточнюють експериментально так само, як і інтенсивність аерації I, м^3/(м^2· год). Глибину флотаційної камери приймають 3 – 4 м, а об'єм, м^3, обчислюють за формулою:

$$W = \frac{Q_{розр.} \cdot t_ф}{60 \cdot (1 - a)}, \qquad (5.20)$$

де a – коефіцієнт аерації (орієнтовно можна прийняти 0,2 – 0,3).

Витрата повітря становитиме

$$V = I \cdot F, \qquad (5.21)$$

де F – площа водяного дзеркала флотаційної камери; I – інтенсивність аерації (орієнтовно 15 – 20 м^3/(м^2· год)).

Кількість сопел

$$n = \frac{V}{3600 \cdot f \cdot S}, \qquad (5.22)$$

де f – площа перерізу одного сопла, м^2; S – швидкість повітряного струменя, м/с.

Видалення піни здійснюють за допомогою скребкового механізму.

Флотація за допомогою повітря, яке подається крізь пористі матеріали. Пропускаючи повітря через дрібні отвори, можна одержати мікробульбашки, здатні флотувати забруднення, які містяться в рідині.

Розміри бульбашок наближено можна визначити за виразом:

$$R = 6 \cdot \sqrt[4]{r^2 \cdot \sigma_{г.р}}\,, \qquad (5.23)$$

де R – радіус бульбашки, см; r – радіус отвору (менше 2 мм), см; $\sigma_{г.р}$ – поверхневий натяг на межі поділу рідина – газ, дин/см.

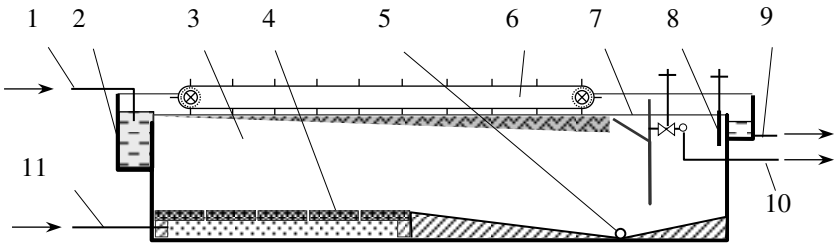


Рис. 5.11. Флотаційна установка з диспергуванням повітря крізь дрібнопористі перетинки: 1 – трубопровід стічної води; 2 – приймальне відділення; 3 – флотаційне відділення; 4 – дрібнопористі перетинки; 5 – трубопровід відведення осаду; 6 – скребковий транспортер; 7 – шламоприймач; 8 – регулятор рівня води; 9 – трубопровід очищеної води; 10 – трубопровід відводу шламу; 11 – трубопровід подачі повітря

За спокійного руху води поблизу аератора максимальну витрату повітря крізь отвір визначають, см^3/хв,

$$Q_{\max} \approx 104 \cdot r^2. \qquad (5.24)$$

Формула справедлива для отворів менших від 3 мм у діаметрі. Взаємозв'язок надлишкового тиску ΔP і мінімального розміру отвору d, крізь який може проходити повітря, описується рівнянням Лапласа

$$d = \frac{2 \cdot \sigma_{г.р}}{\Delta P}\,. \qquad (5.25)$$

Зберігаючи простоту конструкцій флотаційних камер, властиву напірним установкам, цей спосіб забезпечує менші затрати на електроенергію, а також не потребує складних механізмів, які контактують із рідиною (насоси, імпелери), що особливо важливо при очищенні агресивної стічної води. Недоліками цього способу є можливість заростання і забивання пор, труднощі у підборі дрібнопористих матеріалів, які забезпечують утворення у воді дрібних, однакових за розміром бульбашок.

В установках такого типу повітря подають у флотаційну камеру крізь дрібнопористі фільтроси, укладені на дно. Стічну рідину подають у приймальну частину флотаційної камери і відводять через регулятор рівня. Піну збирають за допомогою скребкового транспортера у жолоб, яким її відводять за межі споруди.

При обробці стічної води, яка містить відходи смол і нафти, розмір отворів приймають рівним у середньому 4 – 20 мкм, тиск повітря – 0,1 – 0,2 МПа, витрату повітря – 40 – 70 м^3/м^2, тривалість флотації – не менше 20 – 30 хв,

робочий рівень до флотації – 1,5 – 2 м, рівень води під час флотації збільшується залежно від тиску (витрати) повітря на 6 (0,1 МПа) – 56% (0,2 МПа).

5.4. Електрофлотація

5.4.1. Сутність методу електрофлотації

Сутність методу електрофлотації полягає у насиченні стічної рідини бульбашками газу (водню), який утворюється на одному з електродів (катоді) під час пропускання крізь рідину постійного електричного струму [6].

Під час проходження стічної рідини через міжелектродний простір у ній відбуваються такі процеси, як електроліз, поляризація частинок, електрофорез, окисно-відновні реакції, а також взаємодія продуктів електролізу між собою і компонентами стічної рідини. Інтенсивність усіх цих процесів залежить від хімічного складу рідини, від матеріалу електродів, які можуть бути розчинними і нерозчинними, і від параметрів електричного струму: напруги, густини струму на електродах, витрати струму [9].

Якщо використовуються розчинні електроди (залізні або алюмінієві), то на аноді відбувається анодне розчинення металу. Внаслідок переходу у воду катіонів заліза чи алюмінію і їх контакту із гідроксильними групами, вони утворюють гідрати закису чи окису, які спричиняють коагуляцію забруднень. Утворення водночас пластівців коагулянту та бульбашок газу в стиснених умовах міжелектродного простору створює сприятливі умови їх закріплення на пластівцях, сприяє інтенсивній коагуляції забруднень та позитивно позначається на ефекті флотації.

Коагуляція забруднень у міжелектродному просторі може відбуватися не лише за рахунок розчинення аноду, але й внаслідок електрофоретичних явищ, розрядження на електродах частинок, які мають електричний заряд, утворення в розчині речовин (хлор, кисень), здатних руйнувати сольватні оболонки на поверхні частинок. Ці процеси стають основними у випадку використання нерозчинних електродів.

Отже, вибір матеріалу електродів можна пов’язати з агрегативною стійкістю забруднень у стічній рідині. За невеликої концентрації колоїдної фази і низької агрегативної стійкості забруднень можна застосувати нерозчинні електроди, у той час як забруднення з високою стійкістю можна видалити лише використовуючи розчинні електроди.

5.4.2. Електрофлотаційна установка для очищення миючих розчинів нафтобаз

Електрофлотаційну установку рекомендується застосовувати для очищення відпрацьованих миючих розчинів нафтопродуктів, знижуючи їхню концентрацію від 45 – 50 г/л до 500 мг/л і механічних домішок від 8 – 9 г/л до 350 мг/л.

Установка включає електрофлотатори і реагентне господарство, яке рекомендується розміщати після споруд основного нафтоуловлювання перед

установками напірної флотації [7].

До складу відпрацьованого миючого розчину входять СПАР (сульфонол, сульфонат й ін.), луг (кальцинована і каустична сода, їдкий натр і ін.) і інші речовини, що полегшують відмивання забруднень з поверхні, яка очищається (*pH* розчинів 9 – 11).

Розчини очищають з додаванням реагенту – хлористого $MgCl$ або сірчанокислого магнію $MgSO_4$ дозою 500 мг/л (за товарним продуктом). Реагент вводять у вигляді 10%-ного розчину в трубопровід, по якому миючий розчин поступає на електрофлотатор.

Електрофлотатори мають вигляд радіальних відстійників із вбудованою усередині підвісною електрофлотаційною камерою (рис.5.12). Електрофлотатор обладнаний комбінованим механізмом для розподілу стічної води, згрібання піни і збору осаду, диспергатором, а також електродами.

У камері вода лужного розчину під дією постійного електричного струму розкладається на водень і кисень, утворюючи мікропухирці газу. Кисень окисляє нафтопродукти, які знаходяться в розчині, утворюючи простіші сполуки. Пухирці водню, володіючи великою підйомною силою, піднімаються на поверхню, захоплюючи з собою дрібні частки нафтопродуктів і завислих речовин та утворюючи піноподібний шар.

Для інтенсифікації процесу флотації передбачають подачу повітря через диспергатор у електрофлотаційну камеру в кількості 15 м^3 на 1 м^2 на 1 год під тиском 0,11 МПа.

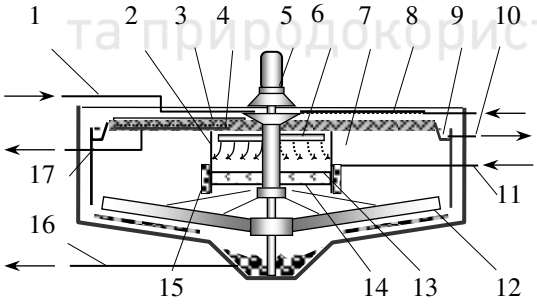


Рис. 5.12. Електрофлотатор:
1 – трубопровід для подачі стічних вод на електрофлотатор; 2 – електрофлотаційна камера; 3 – механізм для згрібання піни і збору осаду; 4 – пінозбірний лоток; 5 – електродвигун; 6 – водорозподільник; 7 – відстійна зона; 8 – подача води на дощування піни; 9 – кільцевий водозбірний лоток; 10 – трубопровід відводу очищеної води; 11 – трубопровід подачі повітря; 12 – шкребки; 13 – катод; 14 – анод; 15 – диспергатор повітря; 16 – трубопровід відводу осаду; 17 – трубопровід відводу піни

З електрофлотаційної камери розчин рухається вниз у відстійну зону електрофлотатора, потім через отвори в піноутримуючій стінці піднімається нагору, по крайці водозливу зливається в кільцевий відвідний лоток і направляється на подальше очищення.

Нафтомістка піна відводиться в пінозбірний лоток, звідки відводиться на обробку. Осад згрібається шкребками до центра в приямок, потім періодично

відводиться в шламонакопичувач.

При проектуванні електрофлотаторів приймають:

- діаметр електрофлотаційної камери, м, визначають за виразом (5.18);
- тривалість перебування в електрофлотаційній камері – 20 – 30 хв;
- діаметр електрофлотатора $D_ф$, м, визначають за формулою (5.19);
- загальну тривалість перебування в електрофлотаторі – 50 – 60 хв;
- щільність струму 20 – 30 мА на 1 см^2 поверхні електродів, напруга 12 В;
- кількість осаду, $W_{ос}$, т/доб, за сухою речовиною визначають за формулою (5.16);
- кількість нафтомісткої піни $W_п$, м^3/год, визначають за формулою (5.17).

Двокамерна установка горизонтального типу складається з електродного відділення та відстійної частини (рис.5.13). Стічна рідина подається в впускну камеру, відокремлену від електродної камери гратами. Проходячи через міжелектродний простір, стічна рідина насичується бульбашками газу, зазнає дії електричного струму, який сприяє коагуляції забруднень, або збагачується гідроокисами-коагулянтами (у випадку розчинних електродів). Спливання частинок відбувається у відстійній частині. Шлам, який сплив на поверхню рідини, за допомогою скребків згрібають у лоток для його відведення. Також передбачається видалення осаду, який може випадати на дно споруди

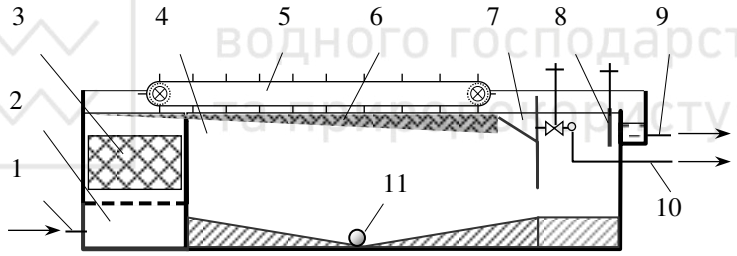


Рис. 5.13. Схема горизонтального електрофлотатора:
1 – трубопровід стічної води; 2 – впускна камера; 3 – електродна камера; 4 – зона відстоювання; 5 – скребки; 6 – шлам; 7 – шламоприймач; 8 – регулятор рівня; 9 – трубопровід відведення очищеної води; 10 – трубопровід відведення шламу; 11 – трубопровід відведення осаду

Розрахунок установок для електрофлотації або електрокоагуляції полягає у визначенні загального об'єму установки, об'ємів електродного (камера коагуляції) відділення і відстійної частини (камера флотації), потрібних конструктивних та електричних параметрів.

5.5. Хімічна флотація

З метою обробки стічної води в неї вводять реагенти, при цьому відбуваються хімічні процеси, які супроводжуються виділенням газів – кисню, вуглекислого газу, хлору тощо [14].

Схема радіальної флотаційної камери хімічної флотації з вбудованою камерою реакції наведена на рис. 5.14. Стічну воду і кислоту подають у камеру

реакції. Під час протікання хімічної реакції відбувається виділення газів.

Із камери реакції стічна вода надходить в активну зону флотокамери, де відбувається спливання забруднень разом із бульбашками газу. Шлам, який сплив на поверхню рідини, за допомогою спірального скребка періодично згрібають у лоток для його відведення. Через отвори в нижній частині камери прояснена рідина відводиться на подальшу обробку. Несфлотовані частинки домішок потрапляють в осадову зону, сповзають у приямок і періодично (1 – 2 рази на добу) їх випускають із флотокамери.

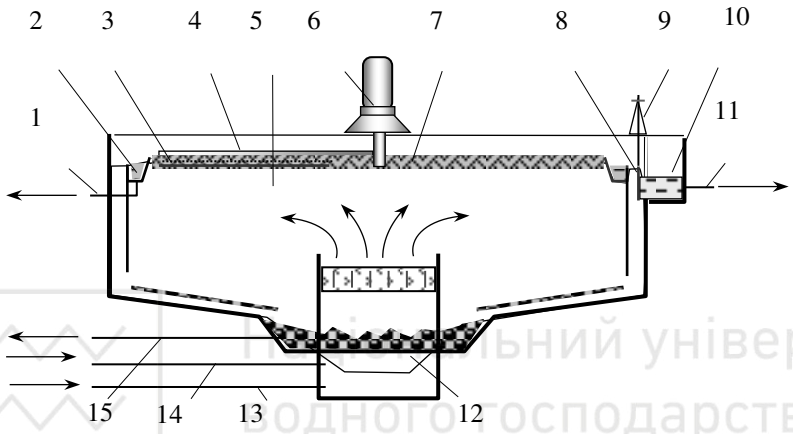


Рис. 5.14. Схема установки для хімічної флотації:
1 – трубопровід відведення піни; 2 – кільцевий жолоб; 3 – пінозбірник; 4 – механізм для згрібання піни і збору осаду; 5 – флотаційна камера; 6 – двигун; 7 – піна; 8 – регулятор рівня води; 9 – механізм підйому шибера; 10 – канал збору очищеної води; 11 – трубопровід відведення очищеної води; 12 – камера реакції; 13 – трубопровід стічної води; 14 – трубопровід підведення хімічних реагентів; 15 – трубопровід відведення шламу

5.6. Вакуумні флотаційні установки

Однією з переваг вакуумної флотації порівняно з іншими методами насичення стічних вод повітрям є те, що формування бульбашок газу, їх злипання з частинками забруднень і спливання сформованих агрегатів відбувається у спокійному середовищі і ймовірність зворотного процесу, тобто руйнування агрегатів зводиться до мінімуму. Друга суттєва перевага – це мінімальні затрати енергії на весь процес флотації: на насичення рідини повітрям, формування і подрібнення бульбашок [14].

До недоліків слід віднести невеликий і певним чином обмежений ступінь насичення стічної рідини бульбашками газу, що звужує діапазон використання вакуумної флотації і не дає змоги застосувати його для стічної рідини з порівняно високою концентрацією (понад 250 – 300 мг/л) нерозчинених забруднень.

Іншим недоліком є необхідність спорудження герметично закритих

резервуарів, в яких створюють частковий вакуум.

Вакуумна флотаційна установка має вигляд герметичного резервуара 10,5 м у діаметрі і 3,6 м заввишки (глибина води – 3,1 м) (рис. 5.15). Під днищем резервуара розташовується технологічне приміщення. Стічну рідину, яка надходить на флотацію, попередньо насичують повітрям впродовж 1 – 2 хв в аераційній камері за допомогою механічного аератора. Із камери аерації стічна вода потрапляє у деаератор, де звільняється від повітря. Потім під дією розрідження стічна вода піднімається у флотаційну камеру з пониженим тиском. В цій камері повітря, яке розчинилося у воді за атмосферного тиску, виділяється у вигляді мікробульбашок, які, піднімаючись, виносять частину забруднень у пінний шар. Нагромаджену піну за допомогою скребків, що обертаються, відводять у пінозбірник, а звідти – у брудоприймач. Крім поверхневих скребків, флотаційна камера устаткована донними скребками для видалення осаду. Прояснену воду збирають кільцевим жолобом і відводять на подальшу обробку.

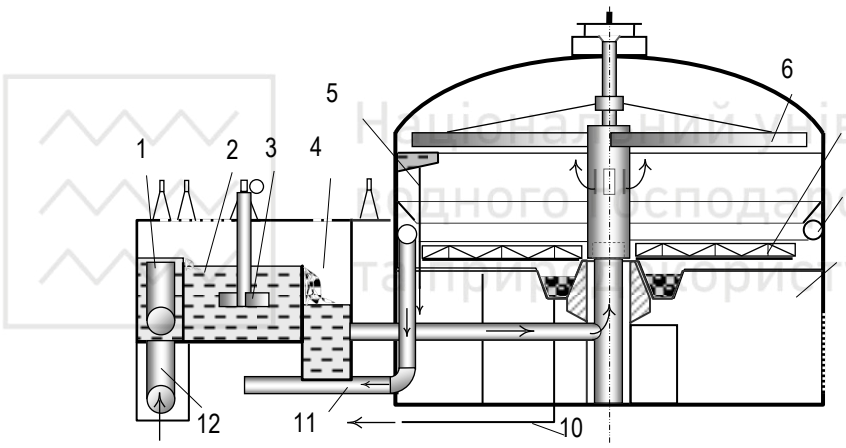


Рис. 5.15. Схема вакуумного флотатора:
1 – регулятор надходження стічної рідини; 2 – аераційна камера; 3 – аератор; 4 – деаератор; 5 – лоток для приймання шламу; 6 – поверхневі скребки; 7 – донні скребки; 8 – кільцевий жолоб для відведення очищеної води; 9 – технічне приміщення; 10 – відвід шламу; 11 – відвід води; 12 – подача стічної води

Розрідження у флотаційній камері (0,3 – 0,4 МПа) створюють безперервно або періодично працюючим вакуум-насосом. Прояснена вода може витікати з резервуара з пониженим (порівняно з атмосферним) тиском тільки у тому випадку, якщо різниця геодезичних позначок рівнів води у флотаційній камері і споруді, в яку надходить прояснена вода, буде більшою, ніж розрідження, виражене в метрах водяного стовпа (бажана різниця позначок – 8 – 10 м). В іншому випадку потрібно влаштувати насоси для відкачування проясненої рідини з флотаційної камери. Ця обставина значною мірою звужує діапазон використання вакуумної флотації, адже висотне розташування установок потребує застосування насосів для підйому води, і тоді доцільнішим стає

використання напірної чи безнапірної флотації.

Тривалість перебування стічної води в камері флотації – близько 20 хв. Середнє навантаження на 1 м^2 водяного дзеркала становить близько 220 м^3/добу.

5.7. Установки імпелерної флотації для виділення зі стічних вод механічних домішок і нафтопродуктів

Імпелерна флотація заснована на механічному диспергуванні повітря у воді за допомогою обертового імпелера – турбінки з повітряною трубою в центрі. При швидкому обертанні турбінки за її лопатами створюється розрідження, унаслідок чого з атмосфери по повітряній трубі засмоктується повітря, яке диспергується у воді до дрібних пухирців [3].

При пропусканні стічної вод нафтопереробного заводу через таку установку вдається знизити вміст нафтопродуктів з 100 – 150 до 15 – 25 мг/л після 10 хв флотації.

До недоліків імпелерної флотації відноситься неможливість використання коагулянту, тому що при турбулентному перемішуванні води великими пухирцями повітря пластівці коагулянту руйнуються.

Для флотації стічних вод величину окружної швидкості імпелера приймають 10 – 15 м/с.

Основними розрахунковими елементами флотаційної установки є коефіцієнт аерації α, тривалість перебування води в апараті T і діаметр імпелера d (величину d варто приймати не більшим 0,6 м).

Величина T, хв, залежить від властивостей стічної води і домішок та в кожномуконкретному випадку визначається експериментально. При орієнтовних розрахунках її можна приймати рівною 15 – 20 хв.

Коефіцієнт аерації α для турбінок згаданого типу дорівнює 0,35.

Камера флотаційної машини квадратна в плані зі стороною b=6d м (де d – діаметр імпелера, м).

Площа камери f, м^2:

$$f=b^2=36d^2. \quad (5.26)$$

Робочий об'єм одного апарата W, м^3:

$$W = fh = 36hd^2, \quad (5.27)$$

де h – висота водоповітряної суміші (робоча висота) у камері, м, визначають за формулою

$$h = H_c / \gamma_{a.p.} \quad (5.28)$$

де H_c – статичний напір, м; $\gamma_{a.p.}$ – об'ємна маса оброблюваної стічної води (водоповітряної суміші), т/м^3.

Робочу висоту камери h приймають не більшою 3 м, $\gamma_{a.p.}$= 0,67 γ (де γ – об'ємна маса стічної рідини, т/м^3).

Статичний напір H_c, м;

$$H_c = \zeta u^2 /(2g), \tag{5.29}$$

де u – окружна швидкість, м/с; ξ – коефіцієнт напору, прийнятий для флотаційних машин 0,2 – 0,3.

Кількість обертів імпелера *n* на 1 хв:

$$n = 60u /(\pi d). \tag{5.30}$$

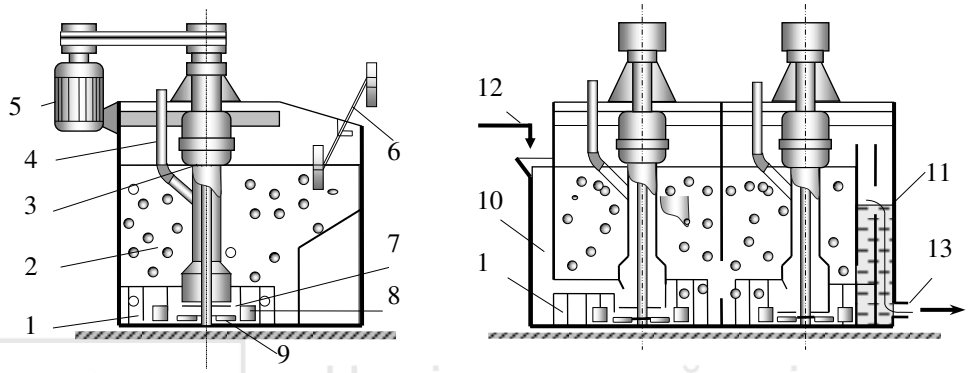


Рис. 5.16. Схема двокамерної імпелерної установки:
1 – відбійники; 2 – флотаційна камера; 3 – вал імпелера; 4 – повітряна трубка; 5 – електродвигун; 6 – пінознімач; 7 – отвори у статорі для внутрішньої циркуляції води; 8 – статор; 9 – імпелер; 10 – приймальна камера; 11 – випускна камера; 12 – трубопровід стічної води; 13 – трубопровід чистої води

Необхідна кількість машин *m* залежить від витрати стічних вод Q_p, м^3/год, і прийнятої тривалості флотації *T*, хв:

$$m = Q_p T /[60W(1-\alpha)] \tag{5.31}$$

Потужність електродвигуна імпелера *N*, кВт:

$$N = q_{a.p}\, \gamma_{a.p}\, H_c /(102\eta), \tag{5.32}$$

$$q_{a.p.} = Q_p /[3{,}6m(1-\alpha)], \tag{5.33}$$

де $q_{a.p}$ – витрата оброблюваної стічної води на одну машину, л/с; η – ККД, рівний 0,2 – 0,3.

5.8. Технологія очищення стічної води в електричному полі

5.8.1. Електрохімічні методи очищення стічної води

Електрохімічні методи очищення стічних вод включають анодне окислювання, катодне відновлення розчинених речовин, електрокоагуляцію і електродіаліз. Токсичні речовини перетворюються в нетоксичні (або малотоксичні) сполуки. Деякі речовини можуть переходити і газоподібний

стан, випадати в нерозчинний осад, флотуватися у вигляді піни, осаджуватися на катодах (металеві осади). Методом електродіалізу можна видаляти зі стічної води солі, кислоти і луги з одночасною їх регенерацією [3,9].

Електрохімічні методи очищення стічних вод різних виробництв (від ціанідів, родианідів, нітросполук, амінів, спиртів, альдегідів, кетонів, сульфідів, меркаптанів) базуються на анодному окислюванні зазначених речовин.

Катодне вилучення металевої міді з деяких видів висококонцентрованих стічних вод застосовують на підприємствах кольорової металургії, металообробки, хімічної промисловості. Катоди виготовляють з вуглецевої або легованої сталі, а також зі свинцю, міді й алюмінію. Аноди можна виконувати з матеріалів, що піддаються і не піддаються електролітичному розчиненню. До першої групи матеріалів відносяться залізо й алюміній, до другого – графітоване вугілля, магнетит, двоокиси свинцю, марганцю або рутенію на титановій основі. Внутрішні стінки електролізера футерують антикорозійними матеріалами (вініпласт, поліізобутилен і ін.). Електролізери обладнують витяжним вентиляційним пристроєм, а в разі потреби пристроєм для видалення піни.

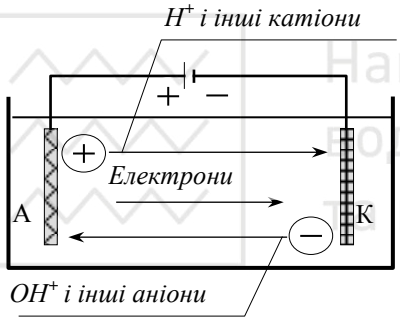


Рис. 5.17. Переміщення іонів у електролізері

Електроліз проводять у проточних або контактних умовах. Проточні електролізери можуть бути безперервної або періодичної дії (з багаторазовою циркуляцією стічних вод або без неї) (рис.5.17).

Електролізери можуть бути розділені перегородками (діафрагмами) на окремі камери. Розрізняють двокамерні (з катодною й анодною камерами) і трикамерні (з катодною, анодною і міжелектродною камерами) електролізери. Оброблювана вода надходить в одну з камер, у той час як в інших камерах знаходяться розчини електролітів (кислот, лугів або солей).

Для діафрагм використовуються інертні пористі природні і синтетичні матеріали (азбест, склотканина, ущільнена хлоринова тканина, мипор, мипласт і ін.), а також електрохімічноактивні селективні іонітові мембрани.

При електролізі стічної води на катоді виділяється газоподібний водень і розряджаються розчинені у воді іони металів. На аноді з речовин, що не піддаються електролітичному розчиненню, виділяються кисень і галогени, окисляються деякі присутні в стічних водах іони і молекули з утворенням інших іонів і молекул.

Аноди з заліза, алюмінію і деяких інших металів під дією постійного електричного струму розчиняються з утворенням нерозчинних в воді оксигідратів або основних солей відповідних металів, здатних до коагуляції.

Унаслідок деполяризації $H^+ + \bar{e} \rightarrow H$; $Fe^{3+} + \bar{e} \rightarrow Fe^{2+}$ і відновлення іонів металів $Fe^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow Fe^0$ на катоді утворюються відкладення металів і виділяються гази (водень). На аноді можуть відбуватися такі процеси, як утворення окисних плівок або адсорбція кисневмісних сполук.

У багатокамерних електролізерах в результаті переносу іонів через діафрагми (мембрани) видаляються з води мінеральні солі, кислоти і луги з одночасним концентруванням їх в окремих камерах.

При електролізі відбувається спрямований рух заряджених колоїдних часток з їх розрядкою на відповідних електродах і з наступною коагуляцією. Можлива також флотація твердих або емульгованих речовин пухирцями газів, які виділяються на електродах.

Ефект очищення залежить від властивостей стічної води (*pH*, температура, загальний вміст солей), застосовуваних матеріалів для електродів, відстані між ними, щільності струму, наявності діафрагм і їхнього матеріалу, інтенсивності масообміну (перемішування) у процесі електролізу, витрати електроенергії.

Застосування електрохімічних методів доцільно при відносно високій електропровідності стічної води, зумовленій наявністю в ній неорганічних кислот, лугів або солей (при мінімальній концентрації солей ~ 0,5 г/л).

З усіх відомих електрохімічних методів очищення стічних вод найбільшого поширення набув метод електрокоагуляції з застосуванням анодів з листового заліза й алюмінію. Процес аналогічний обробці води відповідними реагентами, однак при електрокоагуляції вода не збагачується сульфатами або хлоридами, вміст яких лімітується при скиданні очищених вод у водойми або використанні в оборотних системах. Електрокоагуляційні установки мають продуктивність до 50 м^3/ч. Продуктивність інших електрохімічних установок складає від 1 до 10 м^3/ч.

5.8.2. Електрокоагулювання

Електрокоагулювання здійснюється з метою дозування в стічну рідину катіонів заліза або алюмінію, які надалі діють як звичайні коагулянти, тобто знижують агрегативну стійкість колоїдних частинок, за певних значень *pH* утворюють пластівці гідроокисів, що сорбують забруднення, і т. ін. [3,7].

Вольт-амперні характеристики, побудовані, наприклад, для стічних вод шкіряного заводу і хутряної фабрики, показують, що потенціал розкладання для цих стічних вод становить 0,5 – 1,0 В, а електропровідність – $0{,}5 \cdot 10^{-2}$ см$^{-1}$. Це дозволяє здійснювати електроліз за доволі низької напруги – 2 – 5 В. Для підприємств, стічні води яких характеризуються меншою концентрацією розчинених солей, наприклад, фабрик штучних технічних шкір, м'ясокомбінатів, молокозаводів, напруга електролізу зростає відповідно до 5 – 8 і 10 – 15 В (табл..5.3).

Електродну систему виконують у вигляді блоку плоских пластин металу, розташованих паралельно одна одній на відстані 15 – 20 мм. Товщина електродів – 6 – 10 мм.

Вплив пасивації на ефективність процесу та відкладень на електродах залежить від складу стічних вод. Так, у процесі очищення стічних вод шкіряних заводів і хутрових фабрик установлено, що електричні параметри не змінюються з часом. В процесі очищення цих вод полярності електродів рекомендують переключати 2 – 3 рази за добу (один раз за зміну) з профілактичною метою, а в процесі очищення стічних вод фабрик штучних технічних шкір – 3 – 4 рази за годину для боротьби з пасивацією та відкладеннями на електродах.

Таблиця 5.3

Залежність між густиною струму і напругою на електродах під час електрокоагулювання-флотації

Категорія стічних вод	Аналітичний вираз залежності
Загальний стік хутряної фабрики	$u = 1{,}33 \cdot i + 1{,}51$ В
Загальний стік шкіряного заводу	$u = 2{,}37 \cdot i + 0{,}74$ В
Загальний стік заводів штучної технічної шкіри	$u = 7{,}0 \cdot i + 0{,}1$ В
Загальний стік молокозаводів	$u = 1{,}66 \cdot i + 5{,}0$ В

П р и м і т к а . 1. Відстань між електродами – 2 см.

Оцінити достатність кількості електролітичного газу (водню), що виділяється, можна, скориставшись графіком (див. рис. 5.5) необхідних питомих витрат газу. Фактичний питомий вихід газу, $м^3/кг$, визначають за формулою

$$V_ф = \frac{V_н}{E \cdot C_{вих} \cdot Q}, \qquad (5.34)$$

де $C_{вих}$ – розрахункова концентрація твердої фази, г/л або кг/м^3; E – ефект очищення в частках одиниці; Q – розрахункова годинна витрата, м^3/год; $V_н$ – кількість водню, що виділяється під час електролізу, л/год, визначається за формулою

$$V_н = 0{,}418 \cdot K \cdot I \cdot N, \qquad (5.35)$$

де 0,418 – електрохімічний еквівалент водню, л/(А·год); K – вихід за струмом; I – сила струму, який пропускається через електродну систему, А; N – кількість блоків електродної системи.

Одержане значення $V_ф$ порівнюють із значенням необхідної для даного випадку питомої витрати газу. За величин електричних параметрів, наведених у табл. 5.4, виділеного газу вистачає для флотації забруднень.

Розрахунок установок для електрофлотації або електрокоагулювання-флотації полягає у визначенні загального об'єму установки W, який складається з об'єму електродного (камера коагулювання) відділення W_1 і

відстійної частини (камера флотації) W_2, інших конструктивних і електричних параметрів.

Об'єм електродного відділення визначають за умови розташування в ньому електродної системи потрібної потужності.

Для цього насамперед визначають кількість пластин n електродів, які можна розташувати в установці прийнятої ширини B (усі конструктивні параметри наведені відповідно до позначень на рис. 5.13)

$$n = \frac{B - 2 \cdot d + c}{p + c}, \tag{5.36}$$

де d – проміжок між крайніми пластинами і стінками камери, d=100 мм; c – проміжок між пластинами, c=15 – 20 мм; p – товщина пластини, p= 6 – 10 мм.

Потрібна площа, м^2, пластин дорівнюватиме

$$f = S/(n-1), \tag{5.37}$$

де S – активна поверхня електродів, м^2, яку визначають за формулою

$$S = \frac{D \cdot Q}{i}, \tag{5.38}$$

де D – питома кількість електрики, А·год/м^3; Q – розрахункова витрата стічних вод, м^3/год; i – густина струму на електродах, А/м^2.

Значення D і i для різних видів стічних вод належить приймати за даними табл.5.4. або визначати експериментальним шляхом.

Для певного значення f, задаючись висотою пластин b, яку доцільно приймати рівною висоті проясненої рідини h_1 (h_1=1 – 1,5 м), можна визначити довжину, м, пластин

$$l = f / b, \tag{5.39}$$

і довжину, м, електродної камери

$$L_2 = l + 2 \cdot d. \tag{5.40}$$

Об'єм, м^3, електродної камери становитиме

$$W_1 = B \cdot H_1 \cdot L_2 \ , \tag{5.41}$$

де H_1 – робоча висота камери, м,

$$H_1 = h_1 + h_2 + h_3, \tag{5.42}$$

де h_1 – висота проясненого шару, h_1=1 – 1,5 м; h_2 – захисний шар 0,3 – 0,5 м; h_3 – шар шламу 0,4 – 0,5 м.

Об'єм відстійної частини W_2, м^3, визначають за формулою

$$W_2 = Q \cdot t_ф, \tag{5.43}$$

де $t_ф$ – тривалість прояснення, 0,5 – 0,75 год.

Таблиця 5.4

Електричні параметри процесу електрокоагулювання-флотації під час очищення деяких категорій виробничих стічних вод

Показник	Шкіряні заводи	Хутряні фабрики	Фабрики технічної шкіри	М'ясокомбінати	Молокозаводи
Величина *pH*	8 – 10	8 – 10	6 – 7	8 – 9	6 – 8
Еквівалентна витрата струму, А·год/м^3	300 – 800	100 – 300	15 – 25	80 – 120	100 – 150
Витрата електроенергії, кВт·год/м^3	1,5 – 3,0	0,4 –1,2	0,3 – 0,5	1,0 –1,5	1,0 – 2,0
Густина струму, А/м^2	50 – 100	100 – 200	50 – 70	150 – 220	40 – 60
Напруга електролізу (монополярна схема)	3 – 5	2 – 4	5 – 8	8 – 12	10 – 12
Витрата металу електродів, г/м^3	250 – 700	100 – 200	5 – 10	70 –110	40 – 70
метал електродів	Ст. 0	Ст. 0	Алюміній	Ст. 0 - Ст. 3	Алюміній

Кількість металу, що переходить у 1 м^3 розчину, г/м^3,

$$m = k_1 \cdot A \cdot D, \tag{5.44}$$

де k_1 – коефіцієнт виходу за струмом, приймають у межах 0,5 – 0,95; A – електрохімічний еквівалент, г/(А·год) (для Fe^{2+}: A=1,042; для Fe^{3+}:A=0,695; для Al : A=0,336).

Термін роботи електродної системи становитиме, діб,

$$T = \frac{M \cdot 1000}{m \cdot Q_{доб}}, \tag{5.45}$$

де M – маса металу електродів, кг, яка може розчинитися під час електролізу,

$$M = \gamma \cdot k_2 \cdot f \cdot p \cdot n, \tag{5.46}$$

де γ – об'ємна маса металу, кг/м^3; k_2 – коефіцієнт використання матеріалу електродів, 0,8 – 0,9; f – площа пластини електрода; p – товщина пластини електрода; n – кількість пластин електродів.

Напругу електролізу визначають за вольт-амперними характеристиками електродної системи, побудованими для даного виду стічних вод і вибраного

матеріалу електродів. Визначення можна здійснити графічно або аналітично за рівнянням регресії, В,

$$u = a \cdot i + e\,, \tag{5.47}$$

де a і e – емпіричні коефіцієнти, що визначаються в результаті математичної обробки даних вольт-амперних характеристик електродної системи. Приймаються з табл. 5.3 наприклад, для загальних стічних вод шкіряного заводу a=2,37, e=0,74.

Сила струму, А,

$$I = D \cdot Q\,. \tag{5.48}$$

Обчислені значення *u* і *I* дозволяють підібрати потрібний тип випрямних агрегатів.

Витрата електроенергії на обробку одиниці об'єму рідини, кВт·год/м^3,

$$E = \frac{I \cdot u}{1000 \cdot \eta \cdot Q}\,, \tag{5.49}$$

де η – к. к. д. випрямного агрегату.

Запропоновану методику можна застосувати також для розрахунку електрокоагуляторів-флотаторів із нерозчинними електродами, при цьому не потрібно враховувати електролітичне розчинення металу.

Розрахунок електрокоагулятора-флотатора вертикального типу. Загальний об'єм, м^3, електрокоагулятора-флотатора

$$W = W_1 + W_2\,, \tag{5.50}$$

де W_1 – об'єм центральної колони з камерою електрокоагулювання, м^3; об'єм камери електрокоагулювання визначають так само, як для установок горизонтального типу, враховуючи те, що камера є квадратною в плані; W_2 – об'єм камери флотації, м^3.

Об'єм камери флотації, м^3, обчислюють за формулою

$$W_2 = Q \cdot t_ф\,, \tag{5.51}$$

де $t_ф$ – тривалість перебування води в камері флотації, що визначається експериментально, год.

Робоча глибина, м, складається з таких величин:

$$H_1 = h_1 + h_2 + h_3\,, \tag{5.52}$$

де h_1 – висота шару проясненої води, 1,5 – 2,5 м; h_2 – нейтральний шар, 0,3 – 0,5 м; h_3 – висота шару шламу, 0,4 – 0,5 м.

При цьому дотримуються умови $h_{к.е} < h_1$.

$$h_{к.е} = b \cdot h_к, \tag{5.53}$$

де $h_{к.е}$ – висота камери електрокоагулювання; b – висота електродів; $h_к$ – конструктивна висота, 0,5 – 0,7 м.

Якщо ця умова не виконується, то потрібно зменшити висоту камери електрокоагулювання $h_{к.е}$ або збільшити висоту шару проясненої води h_1 і повторити розрахунок.

Площа, м^2, електрокоагулятора-флотатора

$$F = \frac{W_1 + W_2}{h_1}. \tag{5.54}$$

Радіус круглого в плані електрокоагулятора-флотатора, м,

$$R = \sqrt{F/\pi}. \tag{5.55}$$

Висота осадової частини, м,

$$h_0 = R \cdot tg\alpha, \tag{5.56}$$

де α – кут нахилу стінок конусної частини, $\alpha = 45^0$.

Об'єм, м^3, осадової частини

$$W_0 = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot \left(R^3 \cdot tg\alpha - d \cdot h_0\right). \tag{5.57}$$

Загальна висота установки, м,

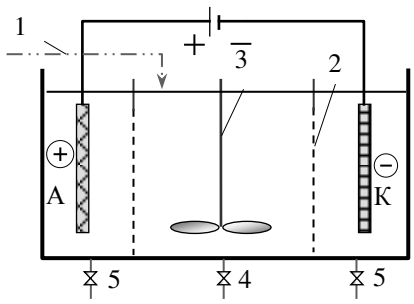
$$H_2 = H_1 + h_0 + h_б, \tag{5.58}$$

де $h_б$ – відстань від борту флотатора до рівня шламу, 0,3 – 0,5 м.

5.8.3. Електродіаліз, електрохімічне окиснення та електролітичне вилучення із розчинів металів

Електродіаліз – це спосіб вилучення розчинених речовин із стічних вод або інших рідин. Електродіаліз відрізняється від звичайного електролізу тим, що між електродами влаштовують напівпроникні перегородки (мембрани), розміри пор яких допускають проникнення крізь них іонів розчинених речовин, але перешкоджають проходженню більших за розмірами частинок (рис.5.18). За рахунок упорядкованого руху іонів в анодному відділенні накопичуються аніони розчинених речовин, а в катодному – катіони, внаслідок чого досягається знесолення води. Із утворених концентрованих розчинів регенерують цінні речовини.

Для підвищення ефективності роботи електродіалізаторів влаштовують перегородки з іонітових матеріалів, що мають вигляд плівок і виготовляються на основі полімерних матеріалів із добавленням порошку іонообмінних смол.



Відокремлюючи анодну камеру аніонопроникною перегородкою, а катодну – катіонопроникною, запобігають рухові іонів із електродних камер у центральну частину і зменшують витрату струму на повторне перенесення іонів із центральної частини [14].

Рис. 5.18. Електродіаліз:
1 – подача стічної рідини; 2 – напівпроникні перегородки (мембрани); 3 – мішалка; 4 – випуск очищеної рідини; 5 – випуски концентрованих розчинів

Найбільший вихід за струмом, а отже й найменші затрати електроенергії на очищення одержують у багатокамерних електро-діалізаторах, камери яких утворені влаштованими по черзі катіонітовими та аніонітовими перегородками (рис. 5.19). При цьому в камери для концентрованого розсолу можна подавати не стічну рідину, а чисту воду. Залежно від того, яким чином подають у них стічну рідину, електродіалізатори поділяють на ***проточні*** – коли вода знесолюється до заданої концентрації солі за один прохід, і ***циркуляційні*** – коли частково знесолена вода повертається в електродіалізатор і циркулює до тих пір, поки не буде досягнуто необхідного ступеня знесолення.

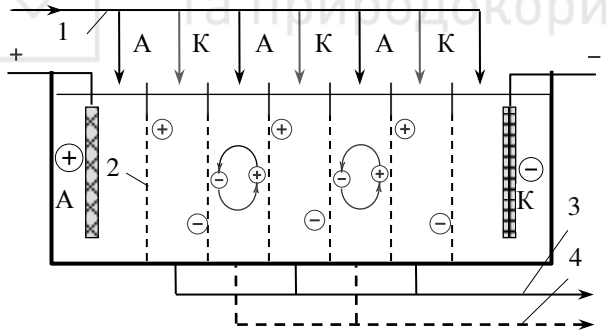


Рис. 5.19. Багатокамерний діалізатор:
1 – подавання стічної рідини; 2 – перегородки; 3 – відведення очищеної води; 4 – відведення концентрованого розчину

У процесі електродіалізу відбувається суттєва зміна *pH* в електродних відділеннях: у катодному – вода підлужується, в анодному – підкислюється. Інколи це явище може набувати самостійного технологічного значення і використовуватись як засіб електрохімічного регулювання *pH* з метою одержання бажаних результатів очищення стічної води. Так, якщо в катодне відділення потрапляють катіони, здатні утворювати важкорозчинні гідроксиди (Cr^{3+}, Zn^{2+}, Fe^{3+} тощо), то там утворюються їх кристали або пластівці, які

можуть флотуватися за допомогою водню, що виділяється на катоді. Внаслідок цього з стічної рідини можна вилучити тільки певну групу розчинених речовин, що має особливе значення для регенераційного очищення стічних вод. Такий спосіб очищення розглядають як хімічне осадження без добавлення реагентів-осаджувачів.

Електрохімічне окиснення це деструкція органічних речовин, що відбувається на аноді з утворенням спочатку органічних кислот, а потім вуглекислого газу, води тощо. Деструкція відбувається під дією перекису водню (атомарного кисню), що утворюється в просторі поблизу анода. Кількість атомарного кисню, а отже й інтенсивність окиснення органічних речовин, залежать від густини струму. За малих густин (менше 100 – 200 А/м^2) чимала кількість кисню виділяється у вигляді газу і не пере участі в окисненні. При очищенні стічних вод, які містять феноли, нітросполуки, фосфорно-органічні, сполуки потрібна густина струму становить 200 – 1200 А/м^2 за напруги 2…7 В. Витрата електроенергії – 15 – 50 кВт·год на 1 м^3 води. При цьому можна досягти зменшення *БПК* і *ХПК* на 95 – 99%. У разі більшої витрати електроенергії (в окремих випадках вона досягає 300 – 500 кВт·год/м^3) цей спосіб можна використати лише для регенеративного очищення після відповідного техніко-економічного обґрунтування. Проте окисні можливості електролізу потрібно враховувати і тоді, коли його застосовують для електрокоагулювання, електродіалізу тощо.

Електролітичне вилучення металів із розчинів широко використовують у кольоровій металургії, а в галузі очищення стічних вод його можна застосувати для вилучення металів із осадів після їх хімічного осадження. Безпосереднє вилучення металів із стічних вод, як правило, є економічно невигідним через малу концентрацію і великий об’єм води. Придатними для вилучення металу вважаються осади, кількість металу в яких становить не менше 20…25% за сухою речовиною [3,16].

Електрохімічне виділення металів здійснюють як із водних розчинів їх простих солей (кисле середовище), так і з водних розчинів їх комплексних сполук (лужне середовище).

Перш ніж подати осад в електролізер, його належним чином оброблюють: ущільнюють до вологості 80 – 90%, розчиняють (вилуговують) метал, який потрібно виділити, і перетворюють його на придатну для електролізу сполуку, а також відокремлюють від одержаного розчину сторонні, головним чином механічні, домішки та іони інших металів.

5.8.4. Очищення стічних вод від хрому й іонів інших важких металів в електрокоагуляторах

Метод електрокоагулювання може застосовуватися для очищення стічних вод, що утворюються переважно в гальванічних виробництвах при хімічній і електрохімічній обробці сталі (хромування, пасивування, травлення, електрополірування, анодування) і містять шестивалентний хром, іони інших важких металів [3].

Промивні стічні води гальванічних виробництв мають *pH*=3 – 7, містять шестивалентний хром і іони важких металів (залізо, мідь, нікель, цинк, кадмій і ін.).

Стічні води обробляють у електролізерах проточного типу зі сталевими електродами і вертикальним (висхідним) або горизонтальним рухом оброблюваної води. При електролізі відбувається хімічне відновлення хромат– і біхроматівіонів іонами двовалентного заліза, що переходять у воду при електролітичному розчиненні сталевих анодів, а також утворенні гідрозакису заліза. Поряд з цим відбувається утворення гідроокисів хрому, заліза й інших важких металів (цинк, мідь, нікель, кадмій і ін.), що містяться в стічній воді. Крім того, іони важких металів сорбуються пластівцями гідроокису і гідрозакису заліза і гідроокису хрому.

При обробці стічної води, яка містить тільки шестивалентний хром, вихідна величина *pH* повинна бути ≥3, а обробленої води ≥5,5 (у протилежному випадку не відбувається повного осадження $Cr(OH)_3$ і оброблена вода містить іони Cr^{3+}). Якщо вихідна величина *pH* стічних вод <3, а обробленої води <5,5, потрібне відповідне коректування величини *pH* із застосуванням розчинів лужних реагентів.

При обробці стічної води з переважним вмістом шестивалентного хрому одночасно забезпечується високий ступінь її очищення від інших іонів важких металів при розрахунковій витраті електроенергії і металевого заліза, необхідних для видалення з них тільки Cr^{6+}. У тих випадках, коли вміст шестивалентного хрому не є переважним, ступінь очищення стічних вод від іонів важких металів визначається загальною кількістю переведеного в стічну воду заліза (загальною кількістю гідрозакису заліза, що утворилося при електролізі), так і вихідною величиною *pH* оброблюваної води. Для досягнення високого ступеня видалення цинку і міді оптимальна вихідна величина *pH* стічних вод повинна знаходитися в інтервалі 4 – 6, для видалення кадмію і нікелю – в інтервалі 6,5 – 7,5. Орієнтована питома витрата металевого заліза для видалення зі стічних вод 1 г кожного з цих металів при оптимальних величинах *pH* складає відповідно 2,5 – 3; 3 – 3,5; 4 – 4,5 і 5,5 – 6 г. При дотриманні цих умов і вихідної концентрації кожного з іонів важких металів до 30 мг/л ступінь очищення стічної води складає 90 – 95%.

При наявності в стічній воді іонів декількох важких металів необхідна витрата металевого заліза визначається в основному вмістом компонента, для видалення якого повинна бути витрачена найбільша його кількість.

Спочатку визначають величину струму *I*, необхідну для видалення кожного компонента окремо:

$$I = Q/t = 3456 \cdot V \cdot C_o \cdot b/t\,, \qquad (5.59)$$

де Q – кількість електрики, яку необхідно пропустити через стічні води для видалення одного з компонентів, Кл; V – об'єм стічних вод у електролізері, м^3; C_0 – вихідна концентрація компонента в стічних водах, г/м^3; b – питома витрата металевого заліза, необхідного для видалення зі стічних вод 1 г

компонента, г; 3456 – розрахунковий коефіцієнт (кількість електролітичного розчинення 1 г металевого заліза, Кл).

Найбільшу зі знайдених величин струму вважають робочою. При цьому приймають коефіцієнт запасу 1,2.

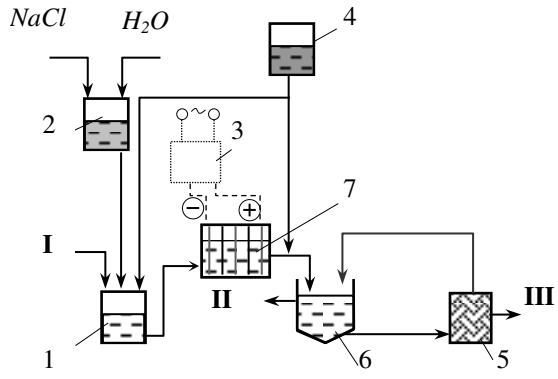


Рис. 5.20. Технологічна схема електрокоагуляційної установки для очищення стічних вод від шестивалентного хрому й іонів інших важких металів
1 – резервуар-усереднювач; 2 – бак для приготування розчину хлористого натрію; 3 – джерело постійного електричного струму; 4 – бак з розчином лужного реагенту; 5 – апарат для зневоднювання осаду; 6 – відстійник; 7 – електролізер; I – стічна вода; II – очищена вода; III – осад.

Слід зазначити, що навіть за дотримання оптимальних умов очищення стічних вод залишкові концентрації в них іонів важких металів іноді перевищують ГДК, установлені для стічних вод, які надходять на біологічне очищення (на міські каналізаційні очисні споруди) або ГДК цих домішок для води водойм.

Метод електродіалізу можна застосовувати для виділення (регенерації) коштовних компонентів з висококонцентрованих стічних вод (відпрацьованих травильних і інших технологічних розчинів), що утворюються при хімічній і електрохімічній обробці сталі і кольорових металів. У результаті видалення з цих розчинів катіонів металів або аніонів кислот можна одержати розчини кислот і лугів і знову їх використовувати у виробництві.

5.9. Технологія магнітно-реагентного очищення стічної води

Технологія магнітно-реагентного очищення є ефективним і високопродуктивним способом вилучення з стічної води різноманітних домішок, концентрація яких може коливатись в значних межах і досягати 700 – 1000 мг/дм^3.

Магнітно-реагентне очищення води використовують у разі необхідності вилучати з неї домішки з парамагнітними і діамагнітними властивостями. Введення в стічну воду реагенту з феромагнітними властивостями (магнетит + коагулянт або луг) дозволяє отримати агрегати, здатні реагувати на дію магнітного поля [1,8]. Якщо помістити таку воду в магнітне поле, то гідравлічна крупність феромагнітних агрегатів значно зростає, причому значення цього параметру зростає в міру зростання магнітного силового фактора, тобто в міру наближення агрегатів до поверхні магніту [2,15].

Інтенсивність цього процесу характеризується розрахунковим параметром *k,* який залежить від інших факторів [4]:

$$k = f(d_м, d_к, t^o, C, HgradH, pH, C_o)\ ,\text{с}^{-1}\ , \qquad (5.60)$$

де $d_м$ – доза магнетиту, г/дм^3; $d_к$ – доза коагулянту, мг/дм^3; t^o – температура води, C^o; $H{\cdot}gradH$ – силовий фактор магнітного поля, $А^2$/м^3; pH – водневий показник води; C_o – початкова концентрації суспензії, мг/дм^3 .

Взаємозв'язок між параметром k і ефективністю очищення (Ψ) стічної води може бути записаний в вигляді [5]:

$$\Psi = 1 - \exp(-1{,}56 \cdot k^{0,5})\ , \qquad (5.61)$$

Слід зазначити, що на величину параметра Ψ зміна природи домішок стічної води та зміна інших факторів відчутного впливу не має (рис.5.21).

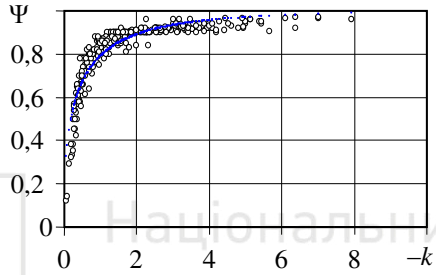


Рис. 5.21. Залежність ефективності локалізації домішок від величини розрахункового параметра k

Технологію магніто-реагентного очищення стоків можна реалізувати в магнітних відстійниках та комбінованих установках [4,10].

Магнітні відстійники мають вигляд сітки, виконаної з магнітопроводів, розташованої між двома магнітами. В напрямку від центра до вершин кожного вічка такої сітки формується потужний градієнт магнітного силового фактора. На частинку забруднень з феромагнітними властивостями, що разом стічною водою потрапила в зону вічка сітки, відчутно впливає зазначений фактор. Така частина розпочинає рух в напрямку зростання силового фактора, тобто в вершину вічка сітки. Процес локалізації в об'ємі такої сітки феромагнітних домішок триває до моменту погіршення якості очищеної води, після чого відстійник виводять в режим промивки. Найбільші значення ефективності вилучення із води феромагнітних і парамагнітних домішок (рис. 5.22) в магнітному відстійнику досягаються при зменшенні швидкості руху води та збільшенні концентрації домішок в вихідній воді [4,11].

Поліпшення ефективності очищення в магнітному відстійнику можна досягти шляхом зменшення розмірів вічок відстійника, збільшенням величини магнітного силового фактора.

Оскільки в складі стічної води містяться не тільки домішки, що володіють магнітними властивостями, але і такі, що не володіють ними, то для їхнього затримання доцільно застосовувати комбіновану установку магнітного відстійника і фільтра з плаваючим фільтруючим шаром (рис. 5.23).

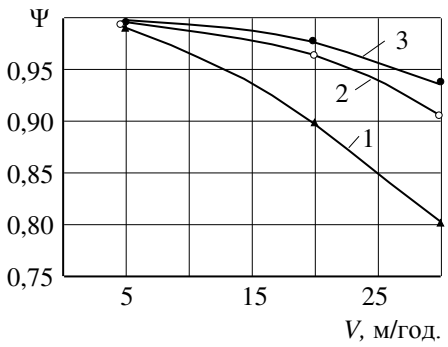


Рис. 5.22. Графіки залежності ефективності очищення води від зміни швидкості її руху при: $H \cdot gradH = 16{,}0 \cdot 10^8$ А^2/м^3:
1 – $C_{ом}$=285 мг/дм^3; 2 – $C_{ом}$=620 мг/дм^3; 3 – $C_{ом}$=700 мг/дм^3

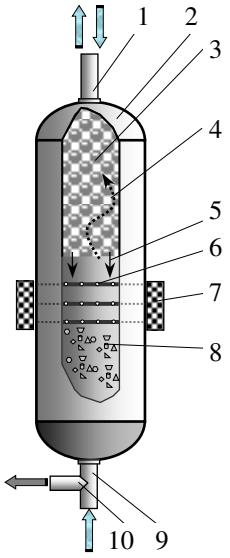


Рис. 5.23. Схема комбінованої установки магнітного відстійника-фільтра з плаваючим фільтруючим шаром:
1 – трубопровід відведення чистої води при роботі установки в режимі очищення і подачі води в період її промивки; 2 – корпус; 3 – фільтруючий шар; 4 – напрямок фільтрувального потоку; 5 – напрямок потоку промивної води; 6 – магнітний відстійник; 7 – магніт; 8 – частинки феромагнітних забруднень; 9 – трубопровід вихідної води; 10 – трубопровід промивної води

Слід відзначити, що на першому ступені такої установки (система магнітних модулів) проходить затримання основної маси забруднень, а подальше очищення води відбувається на другому ступені – фільтрі з зернистим полістирольним шаром. Ефективність очищення води навіть при відносно високих швидкостях фільтрування сягає 97 – 99,5%. Залишкова концентрація забруднень в очищеній воді становить 0,6 – 1,0 мг/дм^3 при v_1 =5 м/год, а при v_1=30 м/год – не перевищує 1,5 мг/дм^3. Наведені результати показують, що така конструкція очисного пристрою дає можливість значно знизити навантаження на зернистий фільтр, збільшити продуктивність самого пристрою, а також компонувати в одному корпусі магнітний модуль із зернистим фільтром. Використовуючи магнітний модуль в схемі із зернистим фільтром, можна досягти зниження концентрації забруднень в стічній воді від 300 мг/дм^3 і більше до 1,3 – 1,5 мг/дм^3 при швидкості руху води в вічках відстійника до 20 – 30 м/год (рис.5.24).

Технологічна схема магінто-реагентного очищення передбачає подачу стічної води, разом з відстояною в шламозбірнику водою, в змішувач вертикального типу, в який подаються магнетит і реагент (сірчанокислий алюміній, луг чи інший реагент) [4,13]. Підготовлена таким чином вода поступає в магнітний відстійник, де відбувається затримання утворених у зоні відстійника феромагнітних агрегатів (рис.5.25). Локалізовані у відстійнику агрегати відводяться у вузол регенерації, де здійснюється відокремлення забруднень і частинок ДММ. Регенерований магнетит

поступає у вузол його приготування, а відокремлені забруднення – в шламозбірник. Частково відстояна у магнітному відстійнику вода поступає на зернистий фільтр для доочищення, після чого відводиться за межі корпуса установки, а її невелика частина (<1%) поступає у вузол реагентного господарства та вузол приготування магнетиту.

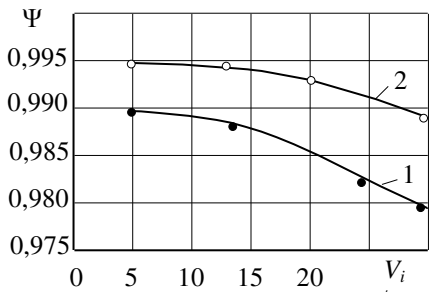


Рис. 5.24. Графіки зміни ефективності очищення води від механічних домішок при зміні швидкості руху води V_i в комбінованій установці:
1 – C_o = 80 мг/дм^3; 2 – C_o = 300 мг/дм^3

Регенерація магнітного дисперсного матеріалу проводиться дискретно, впродовж 0,5 – 2 год. Швидкість руху регенерованої суспензії в корпусі відповідної установки 80 – 100 м/год. Термін відстоювання промивної води сягає 2 – 4 год., після чого верхній її шар повертається у змішувач установки магніто-реагентного очищення води.

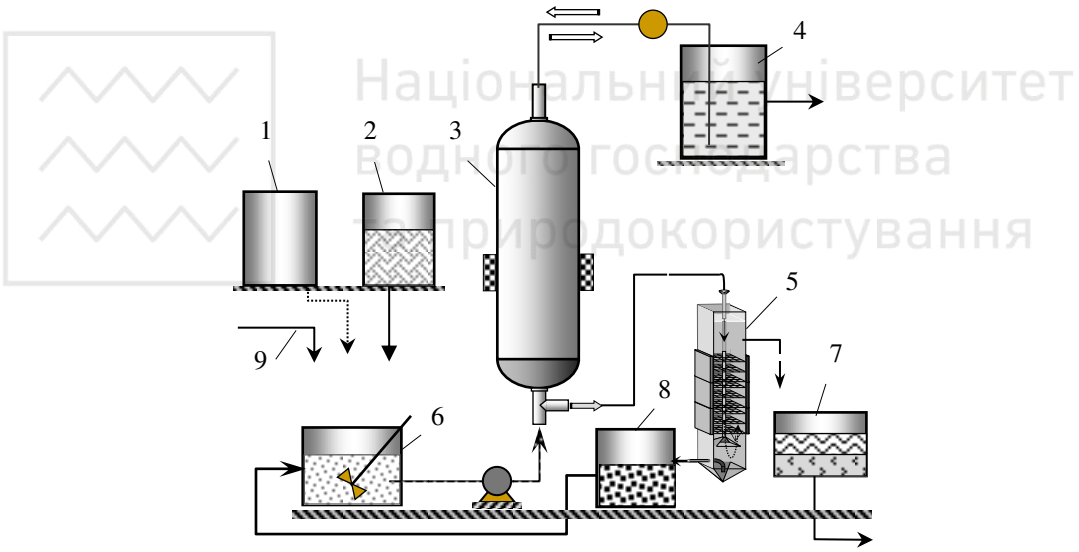


Рис. 5.25. Технологічна схема магнітно-реагентної очищення води:
1 – ємність свіжого магнетиту; 2 – ємність реагенту; 3 – комбінована установка; 4 – ємність чистої води; 5 – установка регенерації магнетиту, 6 – змішувач; 7 – ємність промивної води; 8 – ємність регенерованого магнетиту; 9 – трубопровід стічної води

Переключення установки магніто-реагентного очищення води з режиму очищення в режим регенерації здійснюється при досягненні втрат напору в товщі фільтруючого шару – 1,5 – 2 м. Інтенсивність потоку промивної води визначається емпіричним шляхом і знаходиться в межах 12 – 16 дм^3/с·м^2. Величина відносного розширення фільтруючого шару становить 30 – 50%. Тривалість промивки складає 2 – 5 хв. Для приготування фільтрувального шару використовується гранульований полістирол.

Технологія магніто-реагентного очищення забезпечує достатню ефективність очищення води від завислих речовин – (в тому числі 90 – 96 % на ступені магніто-реагентного очищення) – 99 % (при їх концентрації до 300 мг/дм^3), заліза – 95 – 99% (при місткості заліза до 10 мг/дм^3), солей твердості – 85 – 95% (при концентрації в вхідній воді до 15 мг-екв/дм^3), *БПК* – 90 – 95% (при *БПК* у вхідній воді до 50 мг/дм^3), магнетиту і магемиту – 99 – 99,9% (при їх концентрації до 5 г/дм^3).

Контрольні питання

1. Умови протікання процесу флотації.
2. Умови взаємодії частинки домішок з гідрофобними властивостями з пухирцями повітря.
3. Вплив процесу флокуляції домішок на процес їх флотації.
4. Способи флотації.
5. Роль сатураторів в технологічній схемі очищення стічних вод з застосуванням флотації.
6. Роль реагентів при очищенні стічних вод з застосуванням флотації.
7. Відмінність схеми прямої флотації при очищенні стічних вод від схеми флотації з рециркуляцією стічної води.
8. Умови застосування схеми флотації зі значним об'ємом води в рециркуляційному циклі.
9. Закономірність залежності питомої витрати повітря і навантаження за сухою речовиною від концентрації твердої фази
10. Раціональні умови застосування електрофлотації.
11. Закономірність спливання пухирців повітря за Прандтлем.
12. Особливості процесу очищення стічних вод із застосуванням напірної флотації.
13. Установка напірної флотації з рециркуляцією для очищення стічних вод нафтопереробного заводу.
14. Конструктивні особливості та технологічні параметри флотатора-відстійника.
15. Конструктивні особливості та технологічні параметри горизонтальної флотаційної камери.
16. Конструктивні особливості та технологічні параметри флотаційної установки з диспергуванням повітря крізь дрібнопористі фільтри.
17. Сутність методу електрофлотації.
18. Конструктивні особливості та технологічні параметри електрофлотатора радіального типу.
19. Конструктивні особливості та технологічні параметри горизонтального електрофлотатора.
20. Сутність методу хімічної флотації.
21. Сутність методу та технологічні параметри процесу вакуумної флотації.
22. Сутність методу та технологічні параметри імпелерної флотації.
23. Сутність електрохімічного очищення стічної води та технологічні параметри.
24. Сутність методу та технологічні параметри електрокоагулювання.
25. Сутність електродіалізу.
26. Сутність методу електрохімічного вилучення зі стічної води металів.
27. Сутність методу та технологічні параметри очищення стічних вод від хрому й іонів інших важких металів в електрокоагуляторах.
28. Сутність методу та технологічні параметри очищення стічних вод в магнітному полі.

Література

1. Алексеев А. Г., Коренев А. Е. Магнитные эластомеры. – М. : Химия, 1987. – 240 с.
2. Блум Э.Я., Майоров Н.М., Цеберс А.О. Магнитные жидкости. – Рига : Знание, 1989. – 386 с.
3. Водовідведення на промислових підприємствах. Навчальний посібник / А.І.Мацнєв, Л. А. Саблій. – Рівне: Українська державна академія водного господарства, 1998. – 219 с.
4. Гироль Н. Н., Журба М. Г., Семчук Г. М., Якимчук Б. Н. Доочистка сточных вод на зернистых фильтрах. Под общ.ред. Н.Н.Гироля. СП ООО «Типография» Левобережная». – Киев,1998. – 92 с.
5. Гироль Н. Н., Гурин В. А., Гироль А. Н. Закономерности распределения ферро-, диа- и парамагнитных дисперсных частичек текущих многофазных сред под многофакторным воздействием. Гідротехніка і гідротехнічне будівництво. Зб.наук. праць. Вип. 31. Рівне, 2007, 446-451 с.
6. Канализация населенных мест и промышленных предприятий. Справочник проектировщика./Н.И.Лихачев, И. И. Ларин, С. А. Хаскин и др.; Под ред. В.Н.Самохина. 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 1981. – 638 с.
7. Матов Б. М. Электрофлотационная очистка сточных вод. – Кишинев : Картя Молдовеняскэ, 1982. – 169 с.
8. Мишин Д. Д. Магнитные материалы: учебн. пособие для вузов.-2е изд., перераб. и доп. – М. : Высшая школа, 1991. – 384 с.
9. Рогов В. М.,Филипчук В.Л. Электрохимическая технология изменения свойств воды. – Львов: Выща школа, 1989. – 128 с.
10. Сандуляк А. В. Очистка жидкостей в магнитном поле. Вища школа. – Львов : 1984. – 167 с.
11. Терновцев В. Е., Пухачев В. М. Очистка промышленных сточных вод. – К. : Будівельник, 1986. – 120 с.
12. Родионов А. И. и др. Техника защиты окружающей среды/Родионов А. И., Клушин В. Н., Торочешников Н. С. Учебник для вузов. 2-е изд., перераб и доп. – М. : Химия, 1989.-512 с.
13. Фертман В. Е. Магнитные жидкости. – Минск : Вышейшая школа, 1988. – 184 с.
14. Яковлев С. В., Карелин Я. А., Ласков Ю. М., Калицун В. И. Водоотведение и очистка сточных вод. – М. : Стройиздат, 1996. – 591 с.
15. Hirol M., Bernackij M., Kowalski D., Prokopchuk N. Oczyszczanie wody w osadnikach magnetycznych zinegrowanych z filtrami fluidalnymiю w: Monografii komitetu inżynierii środowiska Polskiej akademii nauk. Vol.32. II Kongres inżynierii środowiska. Materiały. Tom 1. (Redakcja - Pawłowski L., Dudzińska M.R., Pawłowski A.), Lublin, Wydawnictwo Drukarnia LIBER. 2005. – 123-131 s.
16. Hirol M., Kowalski D., Krawchenko W., Rosinskij R. Elektrochemiczna metoda usuwsnia i odzyskiwania metali ciężkich z kopalnianych wód dołowych. w: Monografii komitetu inżynierii środowiska Polskiej akademii nauk. Vol.32. II Kongres inżynierii środowiska. Materiały. Tom 1. (Redakcja - Pawłowski L., Dudzińska M.R., Pawłowski A.), Lublin, Wydawnictwo Drukarnia LIBER. 2005. – 743-752 s.
17. Rűffer H., Rosenwinkel K.-H. Oczyszczanie ścieków przemysłowych. Poradnik. Oficyna Wydawnicza Projprzem-EKO Bydgoszcz. 1998. – 560 st.
18. Wastewater Engineering. Treatment and Reuse./Inc Metcalf & Eddy; George Tchobanoglous; Franklin L. Burton; Franklin Burton; H. David Stensel. McGraw-Hill Science Engineering, 2002. – 1820 p.

6. ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРИЙОМИ КОНДИЦІЮВАННЯ СТІЧНИХ ВОД

6.1. Кристалізація розчинів

6.1.1.. Параметри процесу кристалізації

Кристалізаційні установки призначені для регенерації відпрацьованих травильних розчинів шляхом виділення з них солей відповідних металів. При зміні концентрації солей і температури розчину одержують пересичені розчини солей, з яких потім виділяються їхні кристали. Отримані кристали видаляють фільтруванням або центрифугуванням, а регенеровані розчини повертають у виробництво [9].

В практиці поділу суспензій застосовують різноманітні кристалізатори: кристалізатори періодичної дії з природним охолодженням за рахунок випаровування води; періодичної дії з перемішуванням і штучним охолодженням; безперервної дії великої продуктивності; випарні з підігрівом; вакуумні [5].

Розрахунок кристалізації зводиться до рішення основного рівняння:

$$Q = q + g + G, \tag{6.1}$$

де Q – кількість оброблюваної в кристалізаторі стічної води; q – маса маточного розчину після кристалізації; g – маса кристалів, що виділилися за час кристалізації; G – кількість води, що випарувалася.

Маса утворених кристалів g залежить від характеру кристалізованої речовини та її концентрації в стічній воді і визначається за виразом

$$g = R\frac{100g_c - Sq}{100 - S(R-1)}, \tag{6.2}$$

де g_c – маса безводної солі в оброблюваній кількості стічної води, визначається за початковою концентрацією C_o і густиною ρ стічної води.

Зв'язок між цими величинами виражається рівнянням:

$$g_c = C_o Q / \rho, \tag{6.3}$$

де S – концентрація солі в маточному розчині (у частинах за масою солі на 100 частин за масою чистої води); R – відношення відносної молекулярної маси речовини що виділяється з водного розчину кристалогідрату M_1 до відносної молекулярної маси безводної солі M_2; якщо з розчину кристалізується безводна сіль, то R=1.

Якщо кристалізація відбувається при природному випарюванні, то кількість g_1 випаровується з 1 м^2 дзеркала кристалізатора води:

$$g_1 = k(P - \varphi\rho), \tag{6.4}$$

де k – коефіцієнт випаровування, що залежить від температури і швидкості руху повітря над кристалізатором; P – пружність пари над водою при

Національний університет водного господарства та природокористування

середній температурі випаровування t_s; φ – відносна вологість повітря; p – пружність пари води в повітрі при температурі t_o.

Сумарна кількість води G, яку можна випарувати в кристалізаторі за період випаровування τ:

$$G = g_1 F \tau, \tag{6.5}$$

де F – площа поверхні випаровування в кристалізаторі; τ – тривалість випаровування; g_1 – кількість води, що випаровується з 1 м^2 дзеркала кристалізатора.

Величини параметрів P і p залежать від температури t_s, при якій відбувається випаровування, і від температури повітря t_o:

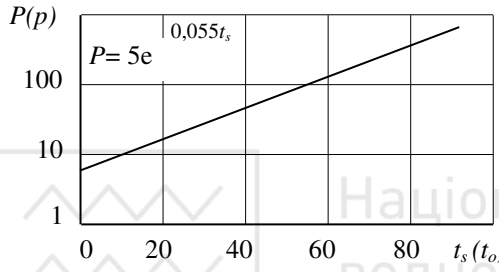


Рис. 6.1. Залежність величини параметрів P і p від температури t_s, за якої відбувається випаровування, і від температури повітря t_o

Величина коефіцієнта випаровування k залежить від температури і швидкості руху повітря над стічною водою. Вираз для наближеного визначення k має вигляд:

$$k \approx 0{,}01(1 + 0{,}5v - 0{,}012v^2)t_s^{0{,}18}, \tag{6.6}$$

де t_s – температура, при якій відбувається випаровування ($90 \le t_s \le 25$); t_o – температура повітря; v – швидкість руху повітря на стічною водою, м/с.

Насиченість повітря вологою для середніх умов можна вважати φ = 0,7. Таким чином, знаючи величину Q і приймаючи різні значення p і τ, неважко визначити всі інші характеристики і габарити кристалізатора.

Для природного охолодження потрібна значна площа поверхні випаровування, тому такі установки застосовуються для обробки невеликих кількостей відпрацьованих розчинів. Крім того, повітряне охолодження і випаровування залежать від атмосферного стану повітря, що робить процес кристалізації нестійким.

6.1.2. Кристалізаційні установки

Кристалізаційні установки застосовуються двох типів: з водяним охолодженням і вакуумні.

При кристалізуванні стоку в кристалізаторах з водяним охолодженням відпрацьований розчин зі збірника подається в змішувач, у який дозується сірчана кислота. Потім розчин надходить у *кристалізатори з водяним охолодженням*. Оптимальна температура кристалізації складає 5 – 10°С. Для

охолодження використовується артезіанська вода. При відсутності артезіанської води зі зниженою температурою застосовується двоступінчасте охолодження – спочатку виробничою водою до 45 – 50°С, а потім розсолом, що надходить з аміачно-холодильної установки, до 5 – 10°С. Кристали купоросу, що випали в осад, виводяться з кристалізаторів разом з розчином і поступають на центрифугу.

Вакуум-кристалізаційні установки застосовуються в чорній і кольоровій металургії для видалення солей металів (рис.6.2) [13].

При обробці травильних розчинів вуглецевих сталей у сірчаній кислоті основними факторами, що впливають на виділення залізного купоросу із системи $H_2O - FeSO_4 - H_2SO_4$, є збільшення концентрації $FeSO_4$ або кислоти, а також зниження температури розчину. Процес проводять при розрідженні (вакуумі). За рахунок створення вакууму розчин закипає і випаровується. При цьому одночасно підвищується концентрація $FeSO_4$ і знижується температура розчину.

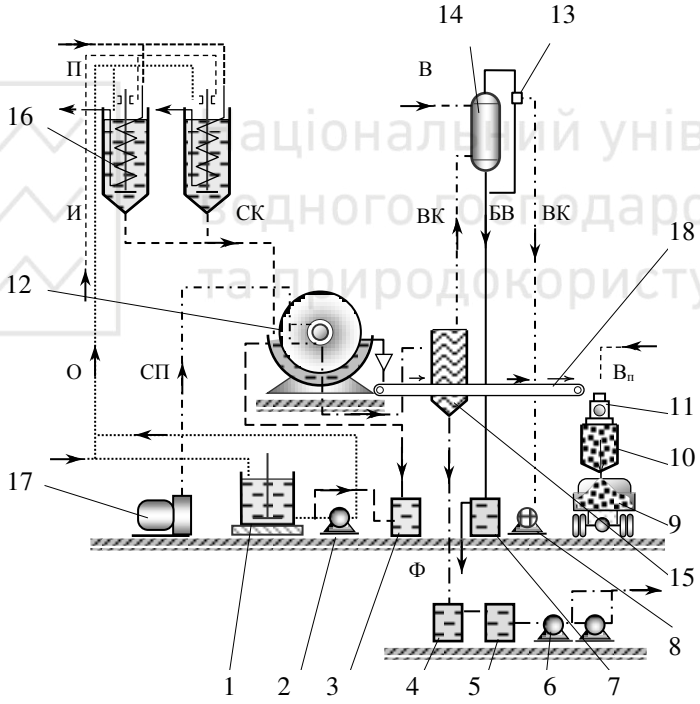


Рис. 6.2. Схема установки з вилучення з травильного розчину кремнієвої кислоти:
1 – прийомний бак; 2 – насос; 3 – бачок для переливу; 4 – гідравлічний затвор; 5 – збірник фільтрату; 6 – насос; 7 – барометричний збірник; 8 – вакуум-насос; 9 – автосамоскид; 10 – бункер; 11 – бетономішалка; 12 – вакуум-фільтр; 13 – уловлювач; 14 – конденсатор; 15 – ресивер; 16 – коагулятори; 17 – повітродувка; 18 – транспортер; В – вода; О – відпрацьований розчин; $В_п$ – вапняне молоко; П – пара; СК – скоагульований розчин; Ф – фільтрат; ВК – вакуумна лінія; БВ – барометрична вода; СП – стиснене повітря

Національний університет водного господарства та природокористування

Кристалізаційні установки використовуються для попереднього знекремнювання травильних розчинів. При травленні трансформаторної сталі, що містить кремній, відпрацьовані травильні розчини крім сірчаної кислоти і сульфату заліза містять ще колоїдну кремнієву кислоту, наявність якої перешкоджає виділенню залізного купоросу при кристалізації, тому перед кристалізацією з відпрацьованого травильного розчину виділяють кремнієву кислоту. Розчин нейтралізують вапняним молоком до змісту вільної кислоти 2 – 0 г/л. При цьому розчин підігрівають паром до температури 60 – 70°С. У результаті утворюється гіпс, а золь кремнієвої кислоти переходить у гель. Коагульовану кремнієву кислоту разом з гіпсом, що випав в осад, виділяють з розчину на вакуум-фільтрі.

6.2. Екстракційні установки

6.2.1. Загальні відомості

Екстракційний метод широко застосовується для очищення стічних вод від органічних домішок. Використання методу екстракції економічно доцільно при значних концентраціях речовин, що вилучаються, або за їх високої товарної цінності, а також при обробці високотоксичних стічних вод, коли не прийнятні або не здійсненні інші відомі методи [3].

При екстракції відбувається вилучення зі стічних вод розчинених у ній речовин з переходом їх в іншу рідину, що не змішується з водою, – екстрагент.

Вихідні стічні води і екстрагент вводять у контакт. У результаті взаємодії фаз одержують екстракт (розчин вилучених речовин у екстрагенті) і рафінат (залишковий водний розчин), з якого в тому або іншому ступені повноти вилучені компоненти, що підлягали екстракції. Отриману суміш екстракту з рафінатом відокремлюють один від одного відстоюванням, іноді центрифугуванням. Після поділу вилучають цільові продукти з екстракту і регенерують екстрагент із рафінату.

Екстрагент повинен мати наступні властивості: мати добру екстрагуючу здатність стосовно речовини, що вилучається, тобто високий коефіцієнт розподілу; володіти визначеною селективністю – здатністю екстрагувати зі складної водної системи одну або групу речовин; відрізнятися малою розчинністю у воді; помітно відрізнятися густиною від густини води, що забезпечує швидкий і повний поділ фаз; мати температуру кипіння, що значно відрізняється від температури кипіння екстрагованої речовини, що сприяє їхньому поділу; не взаємодіяти з екстрагованою речовиною, матеріалом апаратури і піддаватися помітному гідролізові; мати невелику теплоту випаровування і малу теплоємність, що дозволяє знижувати витрати пару й охолодної води; мати, можливо, меншу вогненебезпечність, вибухонебезпечність і токсичність; мати низьку вартість.

При очищенні стічних вод у якості екстрагентів застосовують органічні розчинники (бензол, чотирихлористий вуглець, бутилацетат і ін.). Речовина, що вилучається при екстракції, розподіляється між екстрагентом і водою таким чином, що встановлюється динамічна рівновага, яка характеризується

Національний університет водного господарства та природокористування

коефіцієнтом розподілу:

$$K_p = C_o / C_в, \tag{6.7}$$

де C_o і $C_в$ – концентрація речовини в екстрагенті й у воді в момент рівноваги.

Ефективність процесу екстракції залежить від наступних факторів: величини поверхні взаємодії між фазами, градієнту концентрації речовини, що вилучається, швидкості взаємного переміщення фаз, тривалості контакту. Чим вищі ці показники, тим більше зростають швидкість процесу і повнота очищення.

Таблиця 6.1

Коефіцієнт розподілу речовин поміж екстрагентом і водою за температури 25^0C

Речовина, яка екстрагується	Екстрагент	K_p
Фенол	Бутилацетат	51
	Аміловий спирт	14 – 16
	Бензол	2,3 – 12,5
	Толуол	1,7 – 9,4
Анілін	Бутилацетат	27
	Толуол	8 – 19
Бензойна кислота	Бутилацетат	30
	Толуол	6 – 12
Пікринова кислота	Толуол	1,7 – 8,7
	Бензол	0,7 – 5,3

Національний університет водного господарства та природокористування

Екстракція може здійснюватися в один або кілька ступенів. При одноступінчатій екстракції вихідний розчин і екстрагент перемішують у змішувачі, після чого суміш передають у сепаратор-відстійник, де відбувається поділ з утворенням двох шарів – екстракту і рафінату. Потім екстракт направляють на регенерацію.

При такій однократній взаємодії при тривалому часі контактування можуть бути отримані близькі до рівноважного склади екстракту і рафінату. Ступінь вилучення речовини при однократній екстракції є низьким.

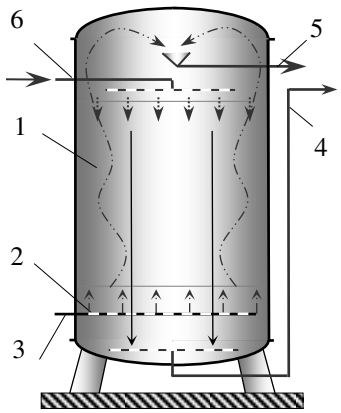


Рис. 6.3. Екстракційна колона:
1 – засипка; 2 – сопла для подачі екстрагенту; 3 – подача екстрагенту; 4 – відведення очищеної води; 5 – відведення екстракту; 6 – подача стічної води

Найбільш простими за конструкцією є насадкові колони у вигляді металевих баків, завантаженням яких слугують великі куски кварцу (6 – 7 см) або різноманітні за виглядом керамічні кільця (гладкі, спіральні тощо) (рис. 6.3).

Національний університет водного господарства та природокористування

У практиці очищення стічних вод найбільш часто застосовується багатоступінчаста протитечійна екстракція (рис. 6.4). Вихідні стічні води і екстрагент надходять із протилежних сторін. Кінцевий екстракт віддаляється з першого ступеня установки, а очищені стічні води (рафінат) з останнього ступеня. При цьому на останньому ступені стічні води, найбільш збіднені компонентом, що вилучається, взаємодіють зі свіжим екстрагентом, а на першому ступені вихідні стічні води – із близьким до насичення екстрактом. Завдяки цьому досягається більш повне очищення стічних вод.

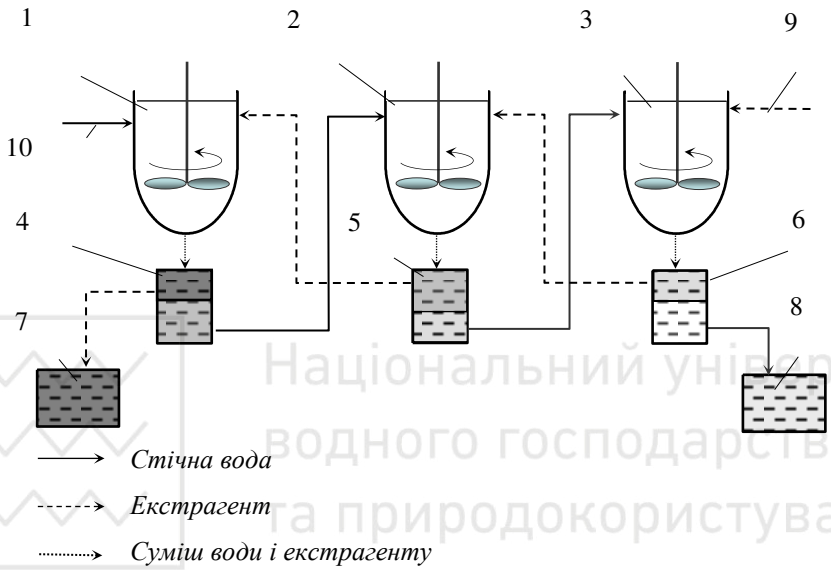


Рис. 6.4. Схема протитечійної багатоступінчастої екстракції:
1,2,3 – екстрактори; 4,5,6 – відстійники; 7 – збірники відпрацьованого екстрагенту; 8 – збірник очищеної води; 9 – подача екстрагенту; 10 – подача стічної води.

Рухаючись назустріч одне одному, вода й екстрагент добре перемішуються і диспергуються завдяки насадці. При цьому потрібно додержувати умови, щоб витрати води й екстрагенту відрізнялися не більше ніж у два рази. За інших співвідношень витрат належить використати колони інших типів [13].

Кінцеву концентрацію екстрагованої речовини в очищеній воді або потрібний об'єм екстрагенту обчислюють за формулами:

для періодичної екстракції

$$C_{\text{кін}} = C_{вих} /(1 + b \cdot K_p)^n , \tag{6.8}$$

$$b = W /(n \cdot Q) , \tag{6.9}$$

для неперервної екстракції

Національний університет водного господарства та природокористування

$$C_{кін} = \left(1 - b \cdot K_{р}\right) \cdot C_{вих}, \tag{6.10}$$

$$b = (C_{вих} - C_{кін}) / (K_{р} \cdot C_{вих}), \tag{6.11}$$

де $C_{вих}$, $C_{кін}$ – початкова (вихідна) і кінцева концентрації речовини, яка екстрагується, у воді, кг/м^3; b – питома витрата екстрагенту, м^3/м^3; n – кількість екстракцій; W – загальний об'єм екстрагенту, витраченого на екстракцію, м^3; Q – об'єм стічних вод, м^3; $K_р$ – коефіцієнт розподілу.

6.2.2. Екстракційні установки

У стічних водах виробництв нітропродуктів, наприклад нітробензолу, міститься 1,5 – 2,2% нітропродуктів і 0,25 – 0,5% вільної азотної кислоти. Нітропродукти екстрагують бензолом. У процесі екстракції азотна кислота нітрує бензол і її концентрація в стічних водах знижується до 0,01 – 0,03%.

Для екстракції фенолів зі стічних вод у якості екстрагентів можуть бути застосовані прості і складні ефіри.

Кращими з перерахованих екстрагентів для вилучення фенолу (одноатомного) є етилацетат і н-амілацетат, а для пірокатехїну (двохатомного фенолу) – етилацетат.

Фенолмісткі стічні води, що важко піддаються очищенню, наприклад, підсмольні води напівкоксування бурого вугілля, найбільш повно очищаються шляхом екстракції фенсольваном (бутилацетатом) або трикрезилфосфатом.

Фенсольван – суміш складних аліфатичних ефірів, важко розчинний у воді, але з високою розчинюючою здатністю відносно фенолів. Коефіцієнт розподілу для 2%-ного розчину фенолу (карболової кислоти) складає 49. густина фенсольвана 0,88 кг/м^3. Він википає в інтервалі температур 100 – 130°С. Після регенерації екстракційна здатність фенсольвана цілком відновлюється. Екстракція фенолів зі стічних вод різними ефірами здійснюється за однотипною схемою (рис.6.5).

Фенолмісткі стічні води охолоджують до оптимальної температури обробки 20 – 25°С, продувають вуглекислим газом (димовими газами) для переведення фенолятів у вільні феноли, а потім подають на екстракцію. Ступінь вилучення фенолів досягає 92 – 97%. Залишковий вміст фенолів в очищених стічних водах складає до 800 мг/л. У більшості випадків цього буває досить для подальшого використання стічних вод [3,13].

При необхідності роблять глибоке очищення від залишкових фенолів шляхом їхнього окислювання двоокисом марганцю (піролюзитом) у сірчаній кислоті. Про здатності різних фенолів до окислювання можна судити по величині їхніх окислювально-відновних потенціалів (редокс-потенціал), що складає: для одноатомних фенолів 0,92 В, для м-крезолу – 0,89 В, для о-крезолу – 0,85 В, для п-крезолу – 0,84 В.

Оптимальні умови дефеноляції: температура – 97 – 99°С; витрата сірчаної кислоти – 2,5 – 3,5%; витрата піролюзиту – 300% (від теоретичного);

Національний університет водного господарства та природокористування

тривалість окислювання – 4 – 6 год. При зазначених параметрах залишкова концентрація фенолів у стічних водах складає 1 – 3 мг/л.

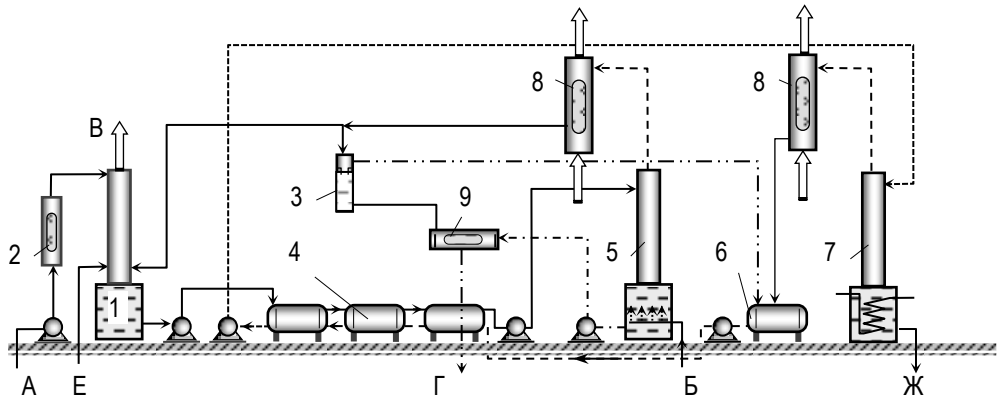


Рис. 6.5. Екстракційна установка по вилученню фенолів зі стічних вод фенсольваном:
А – фенолмісткі стічні води; Б – димові гази: В – віддувочні гази; Г – дефенольована вода; Е – гостра пара; Ж – сирі феноли; 1 – колона продувки фенольних вод вуглекислотою: 2 – холодильник; 3 – відстійник-декантатор; 4 – ступінчаста екстракція; 5 – ректифікаційна колона; 6 – збірник фенсольвана; 7 – регенераційна колона; 8 – конденсатори; 9 – проміжна ємність

6.3. Евапораційні (паровідгінні) установки

При випарюванні розчинів, що містять летучі речовини, останні переходять у пар і видаляються з розчину разом з паром. На цьому засновані всі процеси перегонки, що знайшли застосування при очистці стічних вод від летучих органічних речовин, зокрема фенолів.

Температура кипіння суміші речовин, що відганяються, нижче температури кипіння кожного з компонентів. Суміш води окремо зі скипидаром, аніліном, фенолом, крезолом, нітробензолом кипить в інтервалі температур 93 – 99°С. Перегонка здійснюється в періодично діючих апаратах або безперервно діючих дистиляційних колонах [3].

При протіканні через колону з насадкою назустріч гострому пару стічна вода нагрівається до 100°С; летучі домішки, що знаходяться в ній, при цьому частково переходять у парову фазу, розподіляючись між фазами (пара і вода) відповідно до рівняння

$$C_n / C_в = k\,, \qquad (6.12)$$

де C_n – концентрація домішок в пару; $C_в$ – концентрація домішок у воді; k – коефіцієнт розподілу.

Величина коефіцієнта розподілу k залежить не тільки від виду розчиненої речовини, але і від концентрації розчину; у розведених розчинах, до яких відносяться і стічні води, коефіцієнт k можна вважати для кожної речовини практично постійним. Значення коефіцієнта k для речовин у розчинах 0,01 –

Національний університет водного господарства та природокористування

0,1 н. концентрації приведені в табл.6.2.

Таблиця 6.2

Значення коефіцієнтів розподілу k

Речовина	*k*	Речовина	*k*	Речовина	*k*
Аміак	13	Пропіламін	30	Анілін	5,5
Метиламін	11	Бутиламін	40	Метиланілін	16
Етиламін	20	Фенол	2	Бензиланілін	3,3

Зв'язок основних величин, що визначають процес евапорації, описується рівнянням:

$$C = \frac{(q_n \cdot k - 1) \cdot C_o}{q_n \cdot k \cdot e^x - 1}, \qquad (6.13)$$

де C_o – початкова концентрація речовини у воді, мг/л; C – кінцева концентрація речовини (після виходу з колони), мг/л; q_n – питома витрата пару, кг/кг речовини;

$$x = \frac{\rho}{b}\left(1 - \frac{1}{q \cdot k_n}\right) \cdot \sigma \cdot H, \qquad (6.14)$$

де ρ – емпірична константа, м/год; b – щільність зрошення колони водою, $м^3/м^2$; σ – питома площа поверхні насадки, $м^2/м^3$; H – висота шару насадки в колоні, м.

Як показує досвід експлуатації установок, основні розміри колон і параметри процесу евапорації мають наступні значення: діаметр колони 0,8 – 3 м; висота насадки 6 – 12 м; щільність зрошення 1 –2$м^3/(м^2 \cdot год)$; витрата пари 0,5 – 1,5 кг/кг, продуктивність колони 20 – 200 $м^3$/добу. Відношення висоти колони до її діаметра повинне бути не більш 5 – 10.

Евапораційні установки для видалення зі стічної води летучих фенолів приведені на рис. 6.6. Евапораційне очищення стічних вод від фенолу протікає в пароциркуляційних колонах дефеноляції. Колона розділена на дві частини: верхню – відпарну і нижню – поглинальну. Обидві частини з'єднані між собою стояком для проходу пару. Верхня частина обладнана хордовою, а нижня – спіральною металевими насадками.

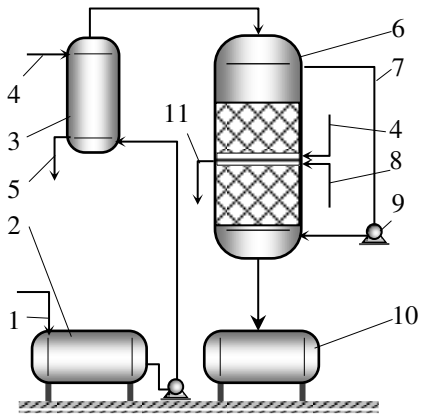


Рис. 6.6. Установка для видалення з води летких фенолів:
1 – фенольні стічні води: 2 – збірник стічних вод: 3 – теплообмінник: 4 – пар: 5 – конденсат: 6 – колона дефеноляції: 7 – паровідгінна суміш: 8 – поглинальний розчин лугу; 9 – вентилятор; 10 – збірник фенолятного розчину; 11 – очищені стічні води

Фенольна стічна вода вводиться через зрошувальний пристрій у верхню

частину[1] колони і стікає вниз по насадці назустріч пару. При цьому відбувається відгін фенолів. Очищена вода відводиться, а суміш водяних парів і фенолу забирається вентилятором і вдувається в нижню частину колони, зрошувану зверху гарячим розчином лугу. Луг поглинає з пару феноли. Відпрацьований розчин, що містить фенолят, відводиться на переробку, а неконденсований пар надходить через стояк у верхню частину колони.

Ступінь очищення стічних вод при початковій концентрації фенолів 10 – 50 г/л складає 85 – 93%.

Різновидом евапорації є азеотропна відгонка, яка ґрунтується на властивості деяких хімічних сполук утворювати з водою азеотропні (здатні нероздільно кипіти) суміші, температура кипіння яких менша, ніж температура кипіння чистих речовин (табл. 6.3) [3].

Таблиця 6.3

Властивості азеотропних сумішей деяких речовин із водою

Речовина	Температура кипіння		Вміст води в азеотропній суміші, %
	чистої речовини, ^{0}C	азеотропної суміші, ^{0}C	
Бензол	80,1	69,25	8,8
Ізобутиловий спирт	108,0	89,9	33,2
Діізоаміловий ефір	173,4	97,4	54,0
Бутилацетат	125,0	90,2	26,7
Хлороформ	61,7	56,1	2,5
Хлорбензол	131,7	90,2	28,4

Нагріваючи стічну воду, яка вміщує такі речовини, відганяють азеотропну суміш, а потім вилучають із неї забруднюючу речовину (рис. 6.7).

За невеликої розчинності забруднюючого компоненту азеотропну відгонку можна розглядати не лише як спосіб регенерації цінних речовин, але й як спосіб глибокого очищення стічних вод.

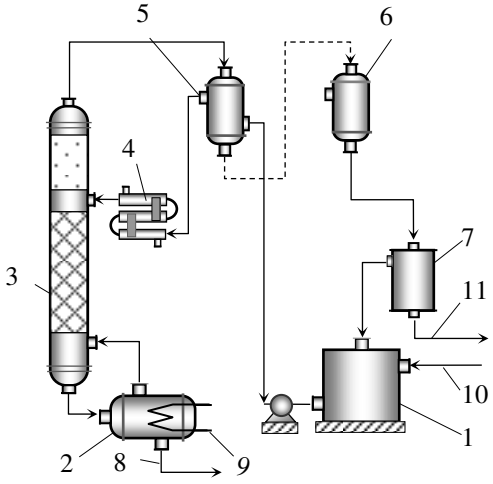


Рис. 6.7. Схема установки для очищення стічних вод азеотропною відгонкою:
1 – бак для стічної води; 2 – бойлер; 3 – випарна колона; 4 – підігрівач; 5 – теплообмінник-конденсатор; 6 – холодильник-конденсатор; 7 – сепаратор; 8 – відведення очищеної води; 9 – подача пари; 10 – подача стічної води; 11 – відведення вилученої речовини

[1] *Стічну воду з певною концентрацією фенолу перед подачею на колону підкислюють димовими газами до pH-6-6,5.*

Національний університет водного господарства та природокористування

6.4. Сорбційні установки
6.4.1. Загальні відомості

Сорбційне очищення полягає в поглинанні забруднюючих речовин зі стічних вод твердими речовинами – сорбентами. Процеси сорбції вибірні і оборотні. Завдяки їхній оборотності стає можливим виділення поглинених речовин (десорбція) [2,10].

Сорбенти здатні вилучати з води багато органічних речовин, у тому числі і біологічно жорсткі, що не видаляються з неї іншими методами. При використанні високоактивних сорбентів воду можна очистити від забруднень до практично нульових залишкових концентрацій. Сорбцію застосовують і при невеликих концентраціях забруднень, коли інші методи очистки виявляються неефективними і потрібна глибока ступінь очистки. У тих випадках, коли концентрація речовин у вихідних стічних водах велика, вигідніше використовувати інші методи очистки.

Як сорбенти практично можуть служити всі дрібнодисперсні тверді речовини, що мають розвинуту поверхню, – активоване вугілля, зола, торф, різні глини, доменні шлаки та ін. [1,6].

Поверхневий натяг між сорбентом і водою повинен бути вищим поверхневого натягу між сорбентом і речовиною. Сорбент повинен володіти значною механічною міцністю і певним гранулометричним складом, а також легкою регенерованістю.

Активність сорбенту оцінюють також за питомою адсорбцією, тобто кількістю речовини, що затримується одиницею маси чи об'єму сорбенту (кг/кг, кг/м^3), яку можна записати у вигляді

$$A = \alpha \cdot C^{\beta}, \tag{6.15}$$

де C – рівноважна концентрація речовини в розчині; α і β – емпіричні величини.

Перехід адсорбату (речовини, що адсорбується) в адсорбент характеризується константою розподілу

$$K_{адс} = \frac{A}{C_{кін}}, \tag{6.16}$$

де A – рівноважна концентрація речовини в одиниці маси сорбенту (в розрахунках питома адсорбція), кг/кг; $C_{кін}$ – рівноважна концентрація речовини в розчині (в розрахунках кінцева концентрація), г/кг або г/л.

Для обчислення константи розподілу потрібно мати у розпорядженні експериментальні дані, зокрема ізотерму сорбції у вигляді, наведеному на рис. 6.8, і не менше двох значень концентрації розчиненої речовини у воді через певний час контакту з сорбентом. Слід зазначити, що момент рівноваги настає швидко, практично миттєво, тільки в макропористих структурах [7,11]. У мікропористих структурах контакт сорбенту з речовиною, яка сорбується,

Національний університет водного господарства та природокористування

відбувається впродовж 10...20 хв і залежить від розміру пор сорбенту, розміру і характеру молекул речовини, що сорбується. На практиці, внаслідок недосконалості конструкцій сорбційних установок, цей час збільшується до 1 – 3 год. Найбільш ефективними сорбентами є активоване вугілля (АУ) різних марок. Активоване вугілля є пористим матеріалом. Пори за розмірами можуть бути поділені на чотири види: макропори розміром 1000 – 20000 Å, перехідні пори – 40 – 1000 Å, супермікропори – 16 – 40 Å і мікропори – не більше 16 Å. Ефективність АУ обумовлюється наявністю в них мікропор, а також деякою мірою супермікропор [3].

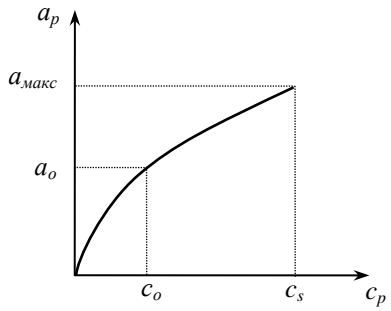


Рис. 6.8. Ізотерма сорбції[2] органічних: забруднень на активному вугіллі
C_s – розчинність речовини за даних умов.

Розчинені органічні речовини мають розмір часток менше 10 Å. Вони заповнюють об'єм мікропор сорбенту, повна питома ємність, см^3/м, яких відповідає поглинаючій здатності сорбенту, тому об'єм мікропор є однією з найважливіших характеристик .

Сорбція може проходити в статичних або динамічних умовах. Сорбція в статичних умовах здійснюється інтенсивним перемішуванням оброблюваної води із сорбентом протягом визначеного часу з наступним відділення сорбенту від води шляхом відстоювання або фільтрування і т.п.

Процес проводиться в один, але частіше в кілька ступенів. Одноступінчату очистку застосовують при невеликих вихідних концентраціях забруднень, коли потрібно мало сорбенту, або в тих випадках, коли сорбент дешевий і легко доступний.

При багатоступінчастій сорбції за рахунок уведення нових порцій сорбенту постійно підтримується визначена різниця у воді і сорбенті концентрації речовини, яка вилучається, що збільшує швидкість сорбції і вимагає меншої витрати сорбенту, ніж при очищенні в одну ступінь [8,15].

Багатоступінчаста сорбція здійснюється при послідовному (рис. 6.9) або протитечійному (рис. 6.9 б) введенні сорбенту. У першому випадку сорбент вводиться окремими порціями на кожному ступені обробки, у другому чистий сорбент уводиться тільки раз на останньому ступені і потім перекачується з кожного наступного ступеня на попередній.

Потрібну кількість сорбенту визначають за формулами:

---

[2] *Графік, що зв'язує значення рівноважних концентрацій сорбованої речовини в розчині (у воді) і сорбенті за постійної температури, називається ізотермою сорбції. Температура впливає на умови процесу: з одного боку, з її підвищенням зростає кінетична енергія сорбованих молекул, і вони інтенсивніше проникають в пори сорбенту, з іншого, - оскільки сорбція є екзотермічним процесом, що протікає з виділенням тепла, підвищення температури розчину спричиняє дещо гальмівну дію. Форми ізотерм сорбції залежать від характеру пор в сорбенті, їх доступності для проникнення молекул що поглинаються. Опукла форма ізотерми вказує на інтенсивний процес сорбції.*

Національний університет водного господарства та природокористування

для одноразової сорбції

$$M = \frac{Q \cdot \left(C_{вих} - C_{кін}\right)}{A}, \tag{6.17}$$

для багаторазової послідовної сорбції

$$M = n \cdot \frac{Q}{K_{адс}} \cdot \left(\sqrt[n]{\frac{C_{вих}}{C_n}} - 1 \right), \tag{6.18}$$

де $C_{вих}$ і $C_{кін}$ – початкова і кінцева концентрації розчиненої речовини, кг/м^3; C_n – концентрація розчиненої речовини після відповідного ступеня, кг/м^3; Q – кількість стічних вод, м^3; n – кількість ступенів обробки.

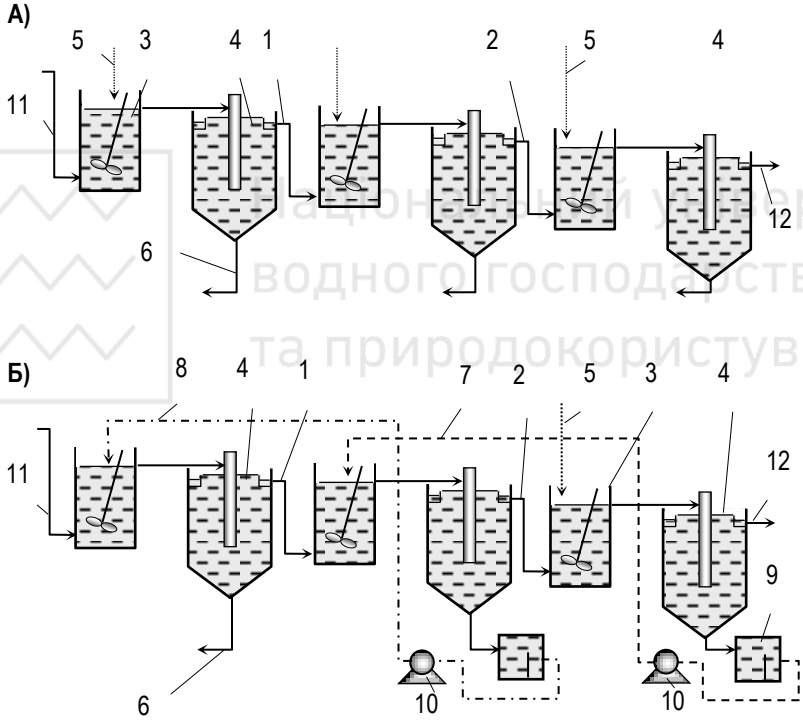


Рис. 6.9. Триступінчаста сорбційна установка: з послідовним введенням сорбенту (*а*), з протитоковим уведенням сорбенту (*б*):
1 – відведення води після першої обробки сорбентом; 2 – відведення води після другої обробки; 3 – мішалки; 4 – відстійники; 5 – уведення сорбенту; 6 – відведення відпрацьованого сорбенту; 7 – подавання сорбенту з третього ступеня у другий; 8 – теж, з другого ступеня у перший; 9 – приймачі відпрацьованого сорбенту; 10 – насоси для перекачування сорбенту; 11 – стічна вода; 12 – очищена вода

Аналіз розрахунків, які виконуються за наведеними формулами, показує, що із збільшенням кількості ступенів зменшується витрата сорбенту, потрібна для одержання однакових кінцевих концентрацій, тобто з цього погляду

Національний університет водного господарства та природокористування

багатоступінчаста сорбція є економнішою, ніж одноступінчаста, хоча експлуатація багатоступінчастих установок ускладнюється, адже збільшується кількість одиниць обладнання, які потребують керування й обслуговування.

Сорбція в динамічних умовах здійснюється шляхом фільтрування води крізь шар сорбенту. У такий спосіб повніше використовують ємність сорбенту, полегшується автоматизація процесу, не потрібно влаштовувати окреме устаткування для регенерації сорбенту, тому що його регенерують у тих же спорудах, в яких здійснюють фільтрування води [3].

Оскільки під час фільтрування сорбційна ємність вибирається поступово (спочатку у верхніх шарах сорбенту, потім – у середніх і, зрештою, – у нижніх), то тривалість фільтрування визначають проміжком часу, після якого розпочинається винесення розчинених речовин з очищеною водою в недопустимих концентраціях.

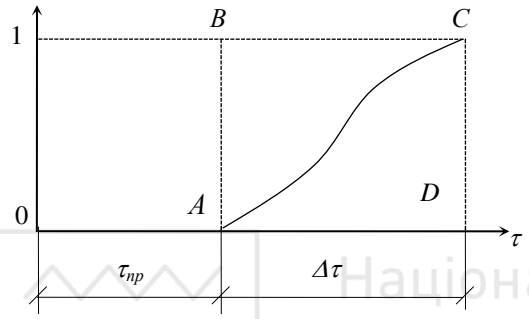


Рис. 6.10. Вихідна крива динаміки сорбції $\tau_{пр}$ – момент часу, коли речовина проскакує з фільтратом; $\tau_{пр}+\Delta\tau$ – час повного відпрацювання шару завантаження, с.

Цей час називають часом захисної дії фільтра і визначають за формулою

$$T = k \cdot H - \tau, \qquad (6.19)$$

де H – висота шару сорбенту (у випадку послідовної роботи кількох фільтрів – сумарна висота шарів); k – коефіцієнт захисної дії; τ – час до цілком повної втрати захисної дії, визначають за кривою динаміки сорбції як $\tau_{пр}+\Delta\tau$ (рис. 6.10).

Коефіцієнт захисної дії обчислюють за рівнянням

$$k = \frac{A}{v \cdot C_{вих}}, \qquad (6.20)$$

де A – питома сорбція, яка відноситься до моменту граничного насичення сорбенту (що визначається за ізотермою сорбції); v – швидкість фільтрації, звичайно 2...4 м/год; $C_{вих}$ – вихідна концентрація розчиненої речовини у воді.

Площу фільтра, м^2, визначають за рівняннями:

$$F = \frac{Q_{год}}{v}, \qquad (6.21)$$

або

Національний університет водного господарства та природокористування

$$F = \frac{W}{(H - h) \cdot \rho \cdot A_д}, \qquad (6.22)$$

де W – кількість речовини, що сорбується фільтрами впродовж захисної дії, кг; F – площа фільтра, м²; ρ – густина сорбенту, кг/м³; $A_д$ – динамічна активність 1 кг сорбенту, звичайно (0,8...0,95)·А; h – емпірична константа, м; $Q_{год}$ – розрахункова витрата води, м³/ год.

Сорбція в динамічних умовах здійснюється фільтруванням стічних вод через завантаження сорбенту (рис. 6.11). Такий спосіб має великі технологічні, експлуатаційні та економічні переваги в порівнянні із сорбцією в статичних умовах. Сорбція в динамічних умовах дозволяє більш повно використовувати ємність сорбенту.

В міру проходження стічної води через зернистий шар концентрація забрудненої речовини в ній знижується. Так само поступово, починаючи від вхідного перетину, збільшується насиченість сорбенту. Через якийсь час спочатку перший шар, а потім і наступні шари завантаження будуть цілком насичені і перестануть вилучати з води забруднюючі речовини. Таким чином, виникає фронт відпрацьованого вугілля, що поступово зміщується всередину завантаження.

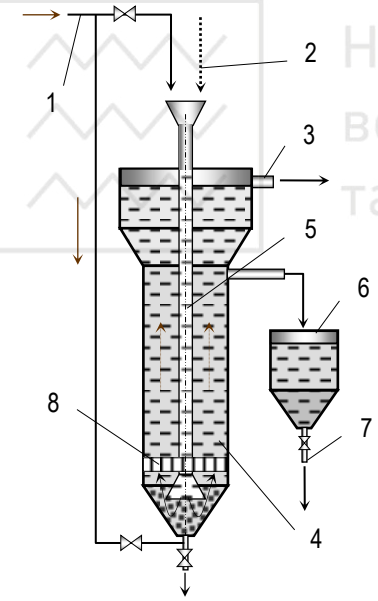


Рис. 6.11. Адсорбер зі зрідженим шаром сорбенту:
1 – подавання води на очищення; 2 – подавання сорбенту; 3 – випуск очищеної води; 4 – циліндрична колона; 5 – центральна труба; 6 – згущувач сорбенту; 7 – випуск відпрацьованого сорбенту; 8 – розподілювач

Сорбційна установка включає декілька (3 – 5) послідовно розташованих фільтрів, що дозволяє виключати на регенерацію один з фільтрів лише після того, як його завантаження досягне граничного насичення. Ця обставина має велике економічне значення, оскільки можна рідше регенерувати сорбент. Після завантаження фільтра свіжим сорбентом він переключається в кінець установки.

6.4.2. Установки для сорбції домішок з стічних вод активованим вугіллям

Установки для сорбції з води нітропродуктів активованим вугіллям (рис. 6.12) складається з двох адсорбційних колон, що працюють поперемінно. Активоване вугілля марки КАД завантажене на підстильний шар з коксу,

покладеного на дерев'яні ґрати: зверху вугілля покрите шаром коксу і закрите другими дерев'яними ґратами. Висота шару вугілля близько 5 м.

Стічні води з вмістом 100 – 400 мг/л нітропродуктів надходять у ємність, з якої них подають у напірний бак, а потім через регулятор потоку в нижню частину однієї з колон. Навантаження складає 3 $м^3/(м^2 \cdot год)$. Перші порції очищеної води містять 2 – 4 мг/л нітропродуктів, потім концентрація починає поступово підвищуватися. Після підвищення концентрації нітропродуктів у стічних водах до 20 мг/л колону зупиняють на регенерацію.

Відпрацьоване вугілля регенерують розчинниками з наступним відгоном слідів розчинника гострим паром. Рециркуляцію розчинника здійснюють доти, поки концентрація нітропродуктів у ньому не складе 20 – 50 г/л. Потім його заміняють свіжою порцією; об'єм першої порції розчинника складає 3 – 4 об'єми активованого вугілля в колоні. В якості розчинників застосовують бензол, метанол, етанол, метиленхлорид. Відпрацьований розчинник (екстракт) направляють на перегонку. Регенерований розчинник повертають у цикл очищення, а нітропродукти – на використання в основному технологічному процесі.

Стічні води від катіонів міді і свинцю можна очищати в динамічних умовах на доломітових фільтрах або в статичних умовах із застосуванням порошкоподібного доломіту [5].

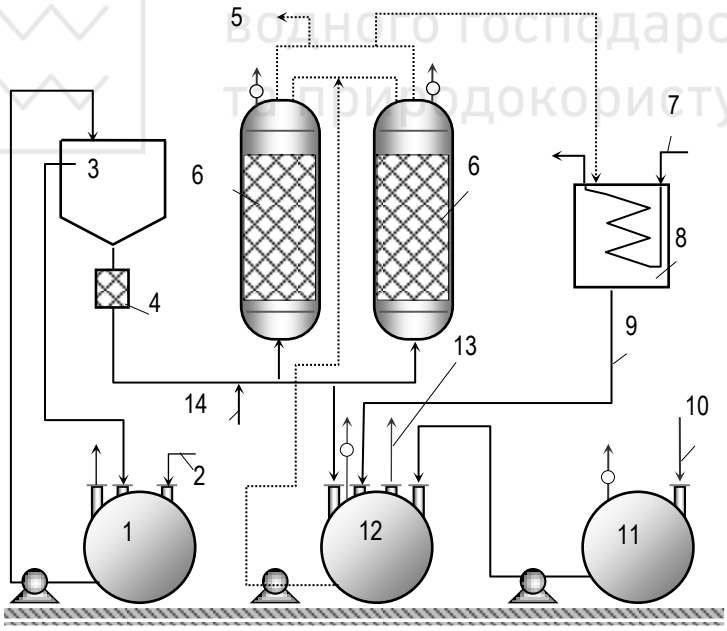


Рис. 6.12. Схема установки для сорбції з води нітропродуктів активованим вугіллям:
1 – ємність стічних вод; 2 – стічна вода: 3 – напірний бак; 4 – регулятор швидкості напору; 5 – очищена вода; 6 – колона; 7 – охолоджувальна вода; 8 – конденсатор; 9 – конденсат; 10 – розчинник: 11 – збірник розчинника; 12 – збірник екстракту; 13 – екстракт на ректифікацію; 14 – гостра пара

Національний університет водного господарства та природокористування

Природний доломіт складу $CaMg(CO_3)_2$ можна застосовувати для очистки стічних вод від катіонів міді і свинцю. Вступаючи з ними в хімічну реакцію, він утворює наступні важкорозчинні сполуки: $Cu_2(OH)_2CO_3$; $CuCO_3$; $Pb_2(OH)_2CO_3$; $PbCO_3$. Доломіт важкорозчинний у воді (добуток розчинності $CaCO_3$ – $4{,}8\cdot10^{-9}$, добуток розчинності $MgCO_3$ – $2{,}1\cdot10^{-6}$).

При використанні доломіту варто враховувати, що стічна вода повинна мати кислу реакцію і при контакті з доломітом нейтралізуватися. Початкова крупність завантаження фільтра 3 – 8 см. Воду фільтрують при низхідному напрямку руху фільтраційного потоку з розрахунковою швидкістю ~5 м/год, тривалість контакту – не менш 10 хв.

Якщо мідь і свинець знаходяться в сірчанокислому середовищі, то допустима концентрація H_2SO_4 в ньому, при потраплянні на доломітові фільтри, щоб уникнути їхнього загіпсовування, не повинна перевищувати 5 г/л.

При використанні порошкоподібного доломіту доза його приймається рівною 140 – 150% щодо необхідної, тому що при сухому дозуванні реакція між твердою і рідкою фазами йде не до кінця і більш повільно. Тривалість контакту стічної води з порошкоподібним доломітом при енергійному перемішуванні приймається не менш 30 хв.

6.5. Іонообмінні установки

6.5.1. Локалізація домішок стічних вод на іонітах

Іонообмінні установки призначені для знесолення й очистки стічних вод від іонів металів, а також інших забруднень. Таку очистку здійснюють із застосуванням іонітів – синтетичних іонообмінних смол, що випускаються у вигляді гранул розміром 0,2 – 2 мм. Іоніти – практично нерозчинні у воді полімерні речовини, що мають рухливий іон (катіон або аніон), здатний у визначених умовах вступати в реакцію обміну з іонами того ж знака, що знаходяться в розчині [8,11].

При контакті з водою іоніти набухають і збільшуються в об’ємі (в 1,5 – 2 рази). Більшість іонітів зберігають у вологому стані або під шаром води.

Розрізняють сильно- і слабокислотні катіоніти (у H^+ – або Na^+ – формі, табл. 6.4) і сильно- і слабоосновні аніоніти (у OH^- або сольовій формі, табл. 6.5), а також іоніти змішаного типу.

Іоніти завантажують у фільтри різних конструкцій. Діаметр таких фільтрів змінюється в межах 1 – 3,4 м, висота катіоніту 2 – 2,5 м, робочий тиск 0,6 МПа.

Іонообмінну очистку здійснюють послідовним фільтруванням через катіоніти (у водневій формі) і аніоніти (у гідроксильній формі). При контакті води з H-катіонітом відбувається обмін катіонів розчинених у воді солей на H^+- іони катіоніту за рівнянням

$$n[K]H + Me^{n+} \leftarrow\rightarrow [K]_nMe + nH^+, \qquad (6.23)$$

Національний університет водного господарства та природокористування

де [К] – радикал, або «кістяк» катіоніту; Ме – катіон металу, що вилучається; n – валентність металу.

Таблиця 6.4

Характеристика деяких катіонітів

Марка катіоніту[3]	Фракційний на склад вологого іоніту, d_i, мм	Вміст робочої фракції, %	Середня робоча обмінна ємність, г·екв/м^3		Повна обмінна ємність, г·екв/м^3
			При Н-катіонувані	При Na-катіонувані	
СМ-1	0,3 – 0,8	–	250	400	–
СК-1	0,5 – 1,1	–	200	350	–
КУ-1	0,4 – 2,0	92,2	300	300	550
КУ-2-8	0,315 – 1,25	93	800	800	1850
КУ-2-20	0,315 – 1,25	92	–	–	1300
КУ-23	0,315 – 1,25	95	400	–	1100

У результаті *Н* – катіонування підвищується кислотність води.

При фільтруванні її через *ОН* – аніоніт відбувається обмін аніонів кислот на OH^- – іони аніоніту за рівнянням

$$m[An]OH + A^m \leftarrow\rightarrow [An]_m + mOH^-, \qquad (6.24)$$

де [Аn] – каркас, або «кістяк» аніоніту; А – аніон, що вилучається: m – валентність аніону.

При наявності у воді аніонів сильних і слабких кислот аніонування здійснюють на двох ступенях. Спочатку вилучають аніони сильних кислот на слабоосновних аніонітах, а потім аніони слабких кислот на сильноосновних аніонітах [12,14].

Обмінна ємність сильнокислотних катіонітів і сильноосновних аніонітів по відношенню до різних іонів залишається постійною в широкому інтервалі значень *pH*. Обмінна ємність слабокислотних катіонітів і слабоосновних аніонітів великою мірою залежить від величини *pH* і має максимальне значення для слабокислотних катіонітів у лужному середовищі ($pH>7$), а для слабоосновних аніонітів у кислому середовищі ($pH<7$). Іоніти змішаного типу виявляють властивості суміші сильної і слабкої кислот або сильної і слабкої основи.

Розрізняють повну обмінну ємність (ПОЄ) – ємність іоніту до повного насичення; статичну (або рівноважну) обмінну ємність (СОЄ); динамічну змінну ємність (ДОЄ) і робочу обмінну ємність (РОЄ) – ємність іоніту в динамічних умовах до проскакування у фільтрат іонів у заданих концентраціях. Обмінна ємність іоніту виражається в одиницях маси речовин, що сорбуються, на одиницю маси або об'єму іоніту (мг/г, або мг·екв/г).

У процесі очистки іоніти ущільнюються. В міру насичення іонітів їх регенерують. Перед регенерацією іоніти розпушують очищеною водою з

[3] Допустима температура робочого середовища, для різних матеріалів (t=40…120°С)

Національний університет водного господарства та природокористування

інтенсивністю 3 – 5 л/(с·м^2). Регенерацію катіонітів проводять 2 – 8%-ними розчинами кислот, аніонітів – 2 – 6%-ними розчинами лугів. Після регенерації проводять відмивку іонітів.

Таблиця 6.5

Характеристика деяких аніонітів

Марка аніоніту[4]	Фракційний склад вогкого іоніту, d_i, мм.	Вміст робочої фракції, %	Повна обмінна ємність, м·екв/м^3			Обмінна ємність у динамічних умовах, г·екв/л
			Cl^-	SO^{2-}_4	SiO^{2-}_3	
АН-2ФН	0,4 – 2	92	500	700	–	1700 – 1750
АН-18П	0,355 – 1,5	92	1100	–	–	–
АН-31	0,4 – 1,2	92	1500	–	–	1260
АН-251	0,63 – 1,6	90	1800	–	–	–
ЕДЕ- 10П	0,4 – 1,8	92	800	1000	50	1020 – 1160
АВ-29-12П	0,355 – 1,5	95	1000	–	–	700

Продуктами регенерації є елюати – розчини кислот і лугів, які містять компоненти, що вилучаються з іонітів. Перші порції елюатів є найбільш концентрованими. Їх нейтралізують або обробляють з метою утилізації коштовних продуктів. Нейтралізацію здійснюють змішуванням кислих і лужних елюатів, а також додатковим введенням кислоти або лугу.

У залежності від складу вихідної води і необхідного ступеня очистки застосовують різні схеми іонообмінних установок (рис.6.13). Якщо немає необхідності у вилученні зі стічних вод аніонів слабких кислот, то застосовують схему одноступінчатого *Н* – катіонування і одноступінчатого ОН – аніонування з використанням сильнокислотного катіоніту і слабкоосновного або сильноосновного аніоніту (рис.6.13, а).

Для більш глибокої очистки і знесолення води застосовують одно-, двоступінчасте *Н* – катіонування на сильнокислотному катіоніті і двоступінчасте *ОН* – аніонування на слабко- , а потім сильноосновному аніоніті (рис.6.13, б). При наявності в стічних водах великої кількості вуглекислоти і її солей відбувається швидке виснаження ємності сильноосновного аніоніту. У цьому випадку вода після Н-катіонування дегазується в спеціальних дегазаторах (рис. 6.13, в) з насадкою з кілець Рашига, з дерев'яною хордовою насадкою або в інших апаратах [8,15].

Вміст завислих речовин у вихідній воді і її *ХПК* не повинні перевищувати 8 мг/л. У протилежному випадку до складу установки включають споруди попередньої очистки з кварцовими і сорбційними фільтрами. У ряді випадків для стабілізації *рН* очищеної води і вилучення аніонів слабких кислот замість аніонітових фільтрів другого ступеня використовують фільтри змішаної дії (ФСД), що завантажуються сильнокислотними катіонітами і сильноосновними аніонітами.

Необхідний об’єм іоніту *W*, м^3, визначають за формулою

[4] Допустима температура робочого середовища, для різних матеріалів (t=40…120 °С)

Національний університет водного господарства та природокористування

$$W=24\cdot Q\cdot \Sigma u/n\cdot E_{роб,} \quad (6.25)$$

де Q – продуктивність установки, м^3/год: Σu – сумарна концентрація іонів, що вилучаються, мг·екв/л; n – кількість регенерацій на добу; $E_{роб}$ – робоча обмінна ємність іоніту, г·екв на 1 м^3 іоніту:

$$E_{роб} =\alpha_e\cdot E_{повн} - k_n\cdot g\cdot \Sigma u, \quad (6.26)$$

де α_e – коефіцієнт ефективності регенерації, приймається рівним 0,8 – 0,9; g – питома витрата відмивної води, приймається 3 – 4 м^3 на 1 м^3 іоніту: k_n – коефіцієнт, що враховує тип іоніту: для катіонітів приймається рівним 0,5, для аніонітів – 0.8; $E_{повн}$ – повна динамічна обмінна ємність іоніту, м·екв на 1м^3 іоніту.

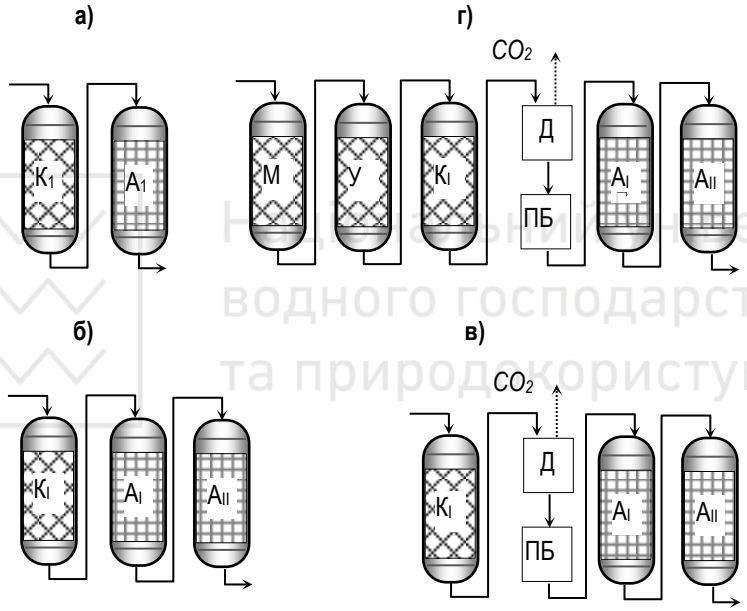


Рис. 6.13. Схеми установок очистки і знесолення стічних вод іонообмінним способом:
а – одноступінчата схема для очистки і часткового знесолення стічних вод; б – схема очистки і повного знесолення стічних вод із двоступінчастим аніонуванням; в – схема очистки і повного знесолення стічних вод із двоступінчастим аніонуванням і видаленням вуглекислоти дегазацією; г – схема очистки і повного знесолення стічних вод із двоступінчастим аніонуванням, видаленням вуглекислоти дегазацією і попередньою очисткою на механічних і сорбційних фільтрах.

$К_I$ – Н – катіонітові фільтри першого ступеня; $А_I$, $А_{II}$ – *ОН* – аніонітові фільтри першого і другого ступеня; Д – декарбонізатор; ПБ – проміжний бак; М – механічні фільтри; У – сорбційні фільтри

Площу робочих фільтрів F, м^2, визначають як

$$F=Q/v, \quad (6.27)$$

де v – швидкість фільтрування стічної води, м/год; приймається в

Національний університет водного господарства та природокористування

залежності від солевмісту оброблюваної води: не більше 20, 15, 10 і 8 м/год при солевмісті відповідно до 5, 5 – 15, 15 – 20, 20 мг×екв/л і більше.

Кількість робочих фільтрів кожної ступені повинна бути не менше двох. Кількість резервних фільтрів визначається тривалістю фільтроциклу, часом регенерації і вимогою безперервної роботи установки.

Н-катіонітові фільтри першої ступені служать для вилучення багатовалентних іонів металів, фільтри другої ступені – для вилучення іонів натрію, калію й амонію.

Витрата технічної кислоти на регенерацію одного фільтра $P_к$ визначається за виразом

$$P_к = F \cdot h \cdot g_k \cdot E_{роб} \cdot E / (1000 \cdot a), \qquad (6.28)$$

де F – площа фільтра, м²: h – висота шару катіоніту у фільтрі, м; g_k – питома витрата кислоти, г·екв на 1 г·екв робочої ємності (або на 1 г·екв сорбованих іонів): E – еквівалентна вага кислоти; a – вміст чистої кислоти в товарному продукті, %.

Втрати напору в товщі шару іонітових фільтрів наближено можна визначити за виразом :

$$h_н \approx 1{,}5\left(vh / d^2\right)^{0{,}33}\text{*}, \qquad (6.29)$$

де d – діаметр зерна катіоніту.

Для розпушення катіоніту перед регенерацією використовують відмивні води; інтенсивність розпушення 3 – 4 л/(с·м²), тривалість 0,25 год. Відмивку катіоніту здійснюють знесоленою водою зі швидкістю 6 – 8 м/год і питомою витратою 2,5 – 3 м³ на 1 м³ катіоніту. Перші порції відмивної води використовують на приготування регенераційних розчинів, наступні – на розпушення катіоніту.

Н-катіонітові фільтри другого ступеня розраховуються аналогічно. Елюат від регенерації *Н*-катіонітових фільтрів другої ступені рекомендується використовувати для регенерації *Н*-катіонітових фільтрів першого ступеня.

Аніонитові фільтри першої ступені застосовують для видалення з води аніонів сильних кислот. Об'єм аніоніту для завантаження цих фільтрів визначається за формулою (6.25).

Площу аніонітових фільтрів першого ступеня *F*, м², визначають як

$$F = 24 \cdot Q / n \cdot T \cdot v, \qquad (6.30)$$

де v – прийнята швидкість фільтрування, рівна 8 – 20 м/год: T – тривалість роботи кожного фільтра між регенераціями, год.

$$T = 24/n - t_1 - t_2 - t_3, \qquad (6.31)$$

* [5] *та за розрахунками автора*

де t_1 – тривалість розпушення аніоніту, рівна 0.25 год; t_2 – тривалість регенерації лугом, рівна 2,5 – 4 год; t_3 – тривалість відмивки аніоніту після регенерації, рівна 1 – 2 год.

Для регенерації аніонітових фільтрів першого ступеня застосовують 4 – 6%-ні розчини їдкого натру, кальцинованої соди або аміаку; питома витрата реагенту на регенерацію – 2,5 мг·екв на 1 мг·екв поглинених аніонів.

В установках із двоступінчастим аніонуванням для регенерації фільтрів першого ступеня можна використовувати відпрацьований розчин лугу від регенерації сильноосновного аніоніту у фільтрах другого ступеня. Регенераційні розчини готують на *Н*-катіонованій воді та на воді від відмивки аніонітів після регенерації (перші фракції). Розпушення аніоніту здійснюють останніми порціями відмивної води при інтенсивності 2 – 4л/(м^2·с), час розпушення 5 – 7 хв. Орієнтований річний знос слабоосновного аніоніту 15 – 20%.

Аніонитові фільтри другого ступеня, призначені для видалення з води аніонів слабких кислот, завантажуються сильноосновним аніонітом. Висота шару приймається 1,5 – 2 м. Сильноосновний аніоніт регенерують 6 – 8%-ним розчином їдкого натру зі швидкістю 1,5 – 2 м/год. Орієнтований річний знос сильноосновних аніонітів складає 10 – 15%.

У практиці очистки стічних вод набули поширення фільтри з внутрішньою регенерацією. При регенерації ФСД іоніти розпушують потоком води знизу вверх з поділом катіоніту (нижній шар) і аніоніту (верхній шар); пропускають через аніоніт розчин їдкого натру, через катіоніт – сірчану кислоту (регенераційні розчини можна пропускати через іоніти одночасно або по черзі); відмивають іоніти знесоленою водою (одночасно або по черзі); перемішують стисненим повітрям і здійснюють вторинну відмивку знесоленою водою.

6.5.2. Іонообмінні установки

Іонообмінні установки використовують у схемах вилучення зі стоків фенолів, іонів деяких металів, ціанідів і ін. Так, катіонування застосовують для *обезфенолювання* мінералізованих кислих і нейтральних, а аніоніти – слабомінералізованих стічних вод.

Ємність деяких аніонітів постійна за фенолом при *pH*=6 – 12, у той же час аніоніт ЕДЕ-10П має максимальну ємність при *pH* = 8,5. Швидкість фільтрування стічних вод приймається 8 – 10 м/год при концентрації фенолу до 1 г/л і 2 – 3 м/год при концентрації 3 – 15 г/л. Регенерують аніоніти 4 – 10%-ними водними або водно-спиртовими (метанольними) розчинами їдкого натру при швидкості їхнього пропуску 0,5 – 0,8 м/год. Концентрація фенолу в елюаті до 5% [5].

Катіоніти регенерують метанолом зі швидкістю його пропуску 0,3 – 0,5 м/год. Загальна витрата метанолу сягає 15 – 20 л на 1 кг вилученого фенолу. Витрата води на відмивку катіоніту після регенерації – 0,4 – 0,6 об‘єму на 1 об‘єм завантаження. Максимальна концентрація фенолу в елюаті досягає 9%.

Національний університет водного господарства та природокористування

Після ректифікації метанол використовують повторно для регенерації катіонітів, а фенолят натрію – для одержання фенолу.

Для вилучення формальдегіду з водних розчинів найбільш придатні низкоосновні аніоніти. При видаленні формальдегіду зі стічних вод рекомендуються невеликі швидкості фільтрування (питоме навантаження – не більш одного об'єму вихідної води, на один об'єм смоли в 1 год).

Сульфокатіоніт КУ-1 і сульфовугілля мають високу ємність за аніліном. Насичені аніліном катіоніти рекомендується регенерувати 10%-ним розчином сірчаної кислоти при швидкості його пропуску 0,5 – 0,7 м/год.

Іони міді, цинку і нікелю містяться в стічних водах роздільно або в сумішах у різних комбінаціях і співвідношеннях. Ефективність вилучення зазначених іонів залежить від їхньої концентрації у воді, величини *pH*, мінералізації води, а також від наявності і концентрації іонів кальцію, заліза і т.д. Для іонообмінного вилучення їх з води використовуються катіоніти як сильнокислотні (у водневій формі), так і слабокислотні (у натрієвій формі). *Na* – катіонування застосовують переважно для вилучення іонів даних металів, які потім утилізують. При очистці стічних вод застосовують в основному *H*-катіонування.

Іони цинку зі стічних вод виробництва віскозних волокон можуть вилучатися на сильнокислотному сульфокатіоніті КУ-2 – 8 у *H*-формі або на карбоксильному катіоніті КБ-4 у *Na*-формі (останній має за цинком невелику ємність). Регенерацію насичених сульфокатіонітів здійснюють 10%-ним розчином сірчаної кислоти, карбоксильні катіоніти регенерують 5%-ним розчином Na_2SO_4. Концентрація цинку в елюатах незначна і досягає лише 6–9г/л.

Таблиця 6.6

Динамічна ємність катіонітів за іонами металів

Марка катіоніту	Динамічна обмінна ємність, мг·екв/г			Динамічна обмінна ємність, г на 1 кг катіоніту		
	за Zn^{2+}	за Cu^{2+}	за Ni^{2+}	за Zn^{2+}	за Cu^{2+}	за Ni^{2+}
КУ-2	2 – 3	3,7 – 3,8	2,1 – 2,3	65 – 90	50 – 120	63 – 70
Б-4	5	–	–	163	–	–
сульфовугілля	0.2	2,5	0,4 – 1	6,5	70 – 80	11 – 30
КУ-І	0,4	–	–	13	70 – 90	–

Іони міді можуть бути виділені на катіоніті КУ-1. Сорбційна ємність катіоніту для міді при лужній реакції води (*pH*= 12 – 12,4) складає 37 – 50 г на 1л набухлої смоли. Регенерують відпрацьований катіоніт 5%-ним розчином соляної кислоти. Вміст міді в елюатах досягає 15 – 17 г/л. При вилученні міді з кислих стічних вод доцільно застосовувати сильнокислотні катіоніти. Їхню регенерацію можна здійснювати 10 – 20%-ним розчином сірчаної кислоти [5].

Вилучення іонів нікелю зі стічних вод ефективно здійснюється на катіоніті КУ-2 – 8. Швидкість фільтрування стічних вод 12 – 15 м/год. Регенерують катіоніт 20%-ним розчином сірчаної кислоти зі швидкістю 0,5 м/год. Витрата

Національний університет водного господарства та природокористування

регенераційного розчину 2 л на 1 кг завантаження (0,45 кг H_2SO_4 на 1 кг катіоніту). Концентрація сульфату нікелю в елюаті досягає 250 г/л (95 г/л за нікелем). Отримані при регенерації елюати можна використовувати при нікелюванні.

При наявності в стічних водах складних сумішей катіонів велике значення має селективність їхнього поглинання катіонітами.

При обміні на сильнокислотному катіоніті КУ-2 установлений наступний ряд катіонів за енергією їхнього витіснення один одним: $H < Na^+ < NH_4^+ < Mg^{2+} < Zn^{2+} < Co^{2+} < Cu^{2+} < Cd^{2+} < Ni^{2+} < Ca^{2+} < Sr^{2+} < Pb^{2+} < Ba^{2+}$.

При обміні на слабокислотному катіоніті КБ-4 ряд катіонів відрізняється від приведеного вище: $Mg^{2+}<Ca^{2+}<Ni^{2+}<Co^{2+}<Cu^{2+}$. З катіонів Cu^{2+} : Ni^{2+} : Zn^{2+} і Cr^{3+} найменше сорбується катіон цинку; у системі мідь – нікель менше сорбується іон міді.

При наявності у воді декількох катіонів система розраховується як однокомпонентна за іоном, який найменш сорбується. Розрахункова концентрація приймається рівною сумі концентрацій усіх катіонів, що видаляються, а ємність катіоніту – рівною ємності його за іоном що найменш сорбується при сорбції його з індивідуального розчину.

Регенерують катіоніт розчином сірчаної кислоти або сульфату натрію. При наявності у воді іонів кальцію в значних концентраціях для регенерації (щоб уникнути загіпсування шару катіоніту) варто застосовувати розчини соляної кислоти і хлористого натрію. Переробка таких елюатів від регенерації катіонітів для виділення й утилізації окремих металів, як правило, недоцільна.

Ціаніди – солі ціанистоводневої кислоти – у стічних водах присутні у вигляді простих (CN^-) і комплексних $Me(CN)^{m-}_n$ аніонів (Me – катіон міді, цинку, кадмію, золота, срібла і т.д.; n – число ціанідів-іонів, рівне 2, 3, 4...; m – валентність комплексного аніона, рівна – 1,– 2, –3,..).

При іонообмінній очистці стічних вод прості і комплексні ціаніди вилучають на аніонітах. Стічні води з лужною реакцією обробляють аніонітами в сольовій формі, нейтральні і кислі стічні води – іонітами в гідроксильній і сольовій формі.

Для очистки стічних вод з високим значенням pH від простих ціанідів можна застосовувати тільки сильноосновні аніоніти в сольовій формі.

У нейтральних і слабокислих розчинах ціаніди знаходяться у вигляді слабодисоційованої синильної кислоти.

При сорбції ціанідів смолами в сольовій формі з нейтральних або слабокислих стоків одним із продуктів реакції обміну є сильна кислота. Вилучати ціаніди зі стічних вод більш доцільно при їхній нейтральній або кислій реакції на аніонітах у гідроксильній формі. При високому значенні pH вихідну стічну воду перед подачею на аніоніт піддають H-катіонуванню.

Для вилучення ціанідів зі стічних вод рекомендуються аніоніти сильної (АВ-17) і середньої (ЕДЕ-10П) лужності.

Сильноосновний аніоніт регенерують 5 – 10%-ним розчином їдкого натру або хлористого натрію. Регенерація відбувається не повністю.

Хром у стічних водах різних галузей промисловості присутній в

Національний університет водного господарства та природокористування

основному в шестивалентному стані (хромат-іони $Cr_2O_7^{2-}$), а також у вигляді катіонів трьохвалентного хрому Cr^{3+}. У залежності від стану хрому в стічних водах вибирають схему його вилучення. Установки, як правило, складаються з Н-катіонітових фільтрів для вилучення тривалентного хрому й аніонітових фільтрів для видалення хроматів [13].

Для вилучення хромат і біхроматіонів рекомендується сильноосновний аніоніт АВ-17, та слабоосновні аніоніти АН-18П и АН-251.

Установлено наступний ряд поглинання аніонів сильних кислот сильноосновним аніонітом АВ-17: $Cr_2O_7^{2-} > Cr_7^{2-} > SO_4^{2-} > NO_3^- > Cl^-$

Послідовність розташування іонів в ряді здатності до сорбування зберігається такою ж і для слабоосновних аніонітів (АН-18–П).

Таким чином, при вилученні хроматів зі стічних вод, що містять сульфати, хлориди, сульфіди і нітрати, останні можуть витіснятися з аніоніту хромат-іонами. Однак використання обмінної ємності смоли за хромат-іонами значною мірою залежить від наявності інших аніонів і співвідношення між ними.

Ємність слабко- і сильноосновних аніонітів за хромом не залежить від величини *pH* у межах від 1 до 6 і значно знижується зі збільшенням значення *pH*>6. Регенерацію сильноосновних аніонітів здійснюють 8 – 10%-ним, слабоосновних – 4 – 6%-ним розчином їдкого натру. Елюати від регенерації аніонітів містять до 40 – 50 г/л шестивалентного хрому.

Метод іонного обміну застосовують для знесолення виробничих стічних вод, солевміст яких, як правило, не перевищує 3 г/л.

У ряді випадків знесолення стічних вод іонообмінними способами здійснюють одночасно з очисткою їх від токсичних домішок. Залишковий солевміст води після одноступінчатого катіонування та одноступінчатого аніонування за схемою залежить від солевмісту вихідної води:

Солевміст, мг/л	3000	2000	1500
Залишковий вміст солей, мг/л, не більше	150	25	15

На наступному ступені аніонування здійснюється більш глибоке знесолення води. Вода після обробки за двоступінчатою схемою знесолення не повинна містити солей більше 1 мг/л. У двоступінчатих іонообмінних установках після Н-катіонітових фільтрів при необхідності встановлюють декарбонізатори для видалення з води вуглекислоти, присутність якої може привести до швидкого виснаження сильноосновного аніоніту.

6.6. Знесолювальні, випарні, дистиляційні і електродіалізні установки

6.6.1. Загальні відомості

Знесолення застосовують для очистки різних видів мінералізованих стічних вод і технологічних розчинів. При знесоленні агрегатний стан води змінюється (дистиляція, випарювання) або не змінюється (електродіаліз, іонний обмін, гіперфільтрація). У результаті очистки одержують знесолену

воду і концентрований розчин солей (розсіл). Знесолення найбільш доцільне в тих випадках, коли можна утилізувати одержувані розсоли. У протилежному випадку розсоли скидають у шламосховище, на випарні майданчики і т.п. Знесоленням користуються також для знешкодження невеликих кількостей висококонцентрованих стічних вод, якщо інші методи їхньої обробки виявляються не тільки економічно недоцільними, але і практично важко здійсненними. Процеси знесолення складні і дорогі, тому способи і схеми знесолення вибирають на підставі детальних техніко-економічних розрахунків виходячи із солевмісту і витрати стічних вод, що підлягають очистці, вимог до якості очищеної води, а також до концентрації розсолів (табл. 6.7) [3,9].

Таблиця 6.7

Орієнтовані межі застосування способів знесолення води

Спосіб знесолення	Вміст солей у стічній воді, мг/л	
	В вихідній	В знесоленій
Дистиляція, випарювання	Більш 10000	1 – 50
Електродіаліз	2500 – 15000	500 – 1000
Іонний обмін	до 3000	500 – 1000
Гіперфільтрація	3000 – 35000	300 – 1000

6.6.2. Випарні установки

Випарювання застосовують для одержання концентрованих розсолів або щільних залишків речовин, що містяться в стічних водах.

Прикладами можуть служити випарювання відпрацьованих травильних розчинів перед подачею на кристалізацію або випарювання сульфіт-сульфатних лугів які повертаються в основний технологічний цикл, а знесолену воду використовують для приготування чистих розчинів. Випарювання застосовують також для знешкодження високотоксичних стічних вод [3,9].

Процес випарювання протікає під атмосферним тиском або під вакуумом. В якості теплоносія використовують «глуху пару». Випарними, як правило, є установки безперервної дії (рис.6.14). Лише при обробці невеликої кількості стічної води, а також при випарюванні до високих кінцевих концентрацій (аж до одержання щільного залишку) застосовують апарати періодичної дії.

Однокорпусні випарні установки можуть працювати під атмосферним тиском або під вакуумом [9]. Апарат складається з теплообмінного пристрою – нагрівальної камери і сепаратора. Камера обігрівається насиченим паром, що надходить у її міжтрубний простір. Конденсат відводять знизу камери.

Піднімаючись по випарних трубах, розчин (стічні води) нагрівається і кипить з утворенням вторинної пари, яка разом із краплинами рідини піднімається вверх в сепаратор. Звільнений від крапель вторинний пар видаляється з верхньої частини сепаратора.

Частина рідини опускається по циркуляційній трубі під нижні трубні ґрати граючої камери. Унаслідок різниці густин розчину і паро-рідинної емульсії

рідина циркулює по замкнутому контуру. Упарений розчин (розсіл) видаляється через штуцер у днище апарата. При випарюванні під атмосферним тиском вторинний пар видаляється в атмосферу або конденсується в холодильнику. Якщо випарювання протікає під вакуумом, то вторинний пар відсмоктується в конденсатор пару, з'єднаний з вакуум-насосом.

Випарювання під атмосферним тиском є найбільш простим способом, однак проведення процесу під вакуумом має певні переваги:

– припустимі більш низькі температури, що важливо у випадку концентрування речовин, здатних розкладатися при підвищених температурах;

– при розрідженні збільшується корисний перепад температур між гріючим агентом і киплячим розчином, що дозволяє зменшити площу поверхні нагрівання апарата, використовувати гріючий агент з більш низькими робочими параметрами.

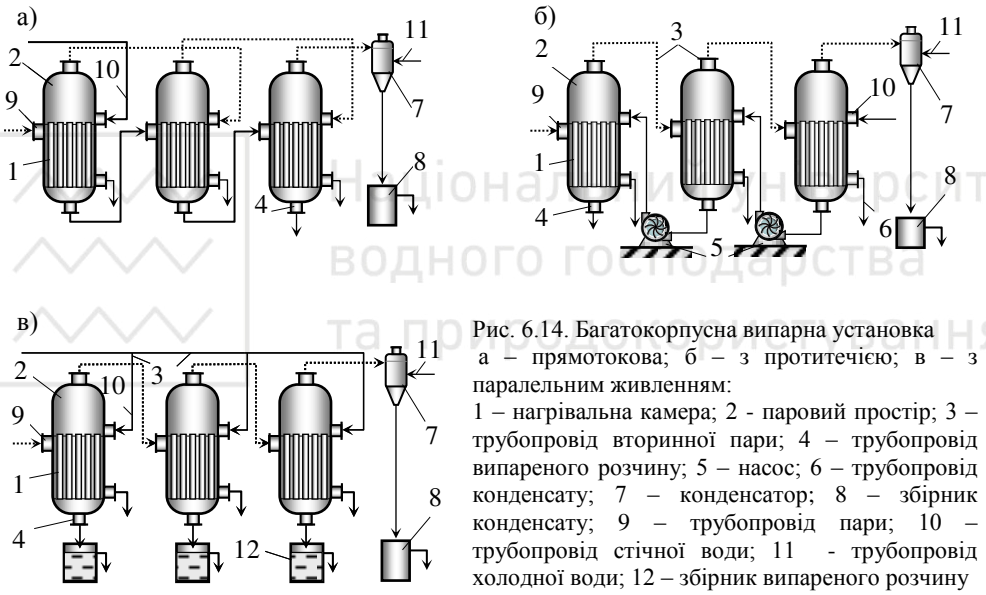


Рис. 6.14. Багатокорпусна випарна установка
а – прямотокова; б – з протитечією; в – з паралельним живленням:
1 – нагрівальна камера; 2 - паровий простір; 3 – трубопровід вторинної пари; 4 – трубопровід випареного розчину; 5 – насос; 6 – трубопровід конденсату; 7 – конденсатор; 8 – збірник конденсату; 9 – трубопровід пари; 10 – трубопровід стічної води; 11 - трубопровід холодної води; 12 – збірник випареного розчину

Разом з тим застосування вакууму здорожує випарну установку, оскільки потрібні додаткові витрати на пристрій для створення вакууму (конденсатор, уловлювач, вакуум-насос), а також збільшуються експлуатаційні витрати.

В міру концентрування стічних вод у процесі випарювання температура кипіння зростає на величину температурної депресії, що дорівнює різниці між температурами кипіння чистої води і розчину [3].

Кількість води, що випарюється, G визначається рівнянням

$$G = q \cdot \left(1 - C_o / C_k\right), \qquad (25.1)$$

де q – кількість стічної рідини, що надходить на випарювання, кг; C_o –

Національний університет водного господарства та природокористування

початкова концентрація домішок, г/л; $C_к$ – кінцева (задана) концентрація домішок, г/л.

Витрата тепла на випарювання Q визначається за формулою

$$Q = q \cdot c \cdot (t_{кип} - t_{поч}) + G \cdot r + Q_{втр}, \quad (25.2)$$

де с – теплоємність, ккал/°С: r – теплота випаровування води, ккал/кг: $Q_{втр}$ – втрати тепла в навколишнє середовище, приймається 10% загальних витрат тепла.

Витрата гріючого пару D, кг/год, визначається за виразом

$$D = \frac{Q}{(i`` - i`) \cdot x}, \quad (25.3)$$

де Q – витрата тепла, ккал/год; i``– ентальпія сухого насиченого пару, ккал/кг; i` – ентальпія конденсату, ккал/кг; х – ступінь сухості гріючого пару.

Орієнтовно витрату пару можна приймати при випарюванні під атмосферним тиском 1,1 кг на 1 кг випареної води, під вакуумом 1,2 кг/кг. Водяну пару, що утвориться при випарюванні, конденсують, охолоджуючи водою в поверхневих конденсаторах або конденсаторах змішування.

Витрата води для поверхневих конденсаторів G визначають за формулою

$$G_в = \frac{G \cdot (i - C_в \cdot t_k)}{C_в \cdot (t_2 - t_1)}, \quad (25.4)$$

де G – кількість конденсованого пару, кг/с; і – ентальпія пару, ккал/кг; $C_в$ – питома теплоємність води. ккал/°С; $t_к$ – температура конденсату, °С; t_1, t_2 – початкова і кінцева температура охолоджуваної води, °С.

Для конденсаторів змішування

$$G_в = \frac{G \cdot (i - C_в \cdot t_2)}{C_в \cdot (t_2 - t_1)}. \quad (25.5)$$

В усіх випадках температура води повинна бути нижче $t_к$. Звичайно витрата води в конденсаторах складає 15 – 60 кг на 1 кг конденсованого пару.

Застосування вакууму дозволяє проводити багатоступінчасте випарювання, використовуючи на кожному ступені (крім першого) вторинну пару самої випарної установки, що знижує витрату первинного гріючого пару.

Установка складається з декількох (у даному випадку трьох) корпусів. Устрій кожного корпуса такий же, як в однокорпусних установках, описаних вище. Вихідні стічні води, попередньо нагріті до температури кипіння, надходять у перший корпус, що обігрівається свіжим (первинним) паром.

Свіжий пар служить для підтримки температури кипіння тільки в першому корпусі. Вторинний пар з цього корпуса направляється в якості гріючого в другий корпус, де внаслідок зниженого тиску стічні води киплять при більш низькій температурі, чим у першому.

Через більш низький тиск у другому корпусі розчин, упарений у першому корпусі, переміщається самопливом у другий корпус і тут охолоджується до температури кипіння. За рахунок тепла, що виділяється при цьому, утворюється додатково деяка кількість вторинного пару. Таке явище, що відбувається у всіх корпусах установки, крім першого, зветься «самовипар розчину».

Вторинний пар з останнього корпуса відводиться в барометричний конденсатор, в якому при конденсації пару створюється необхідне розрідження. Повітря і гази, які не конденсуються, відсмоктуються через уловлювач вакуум-насосом.

Зі збільшенням кількості корпусів зменшується питома витрата первинного гріючого пару, що особливо важливо при розпарюванні великих кількостей стічних вод. Разом з тим підвищується металоємність установки й ускладнюється її експлуатація. Оптимальною вважається установка, що має 3 – 4 корпуса.

6.6.3. Установки дистиляційного знесолення

Прикладом практичного використання установки дистиляційного знесолення може служити очищення продувних вод парових котлів [13]. Одержуваний при цьому дистилят використовують як живильну воду казанів, а розсіл очищають від іонів кальцію і магнію і використовують для регенерації Na-катіонітових фільтрів.

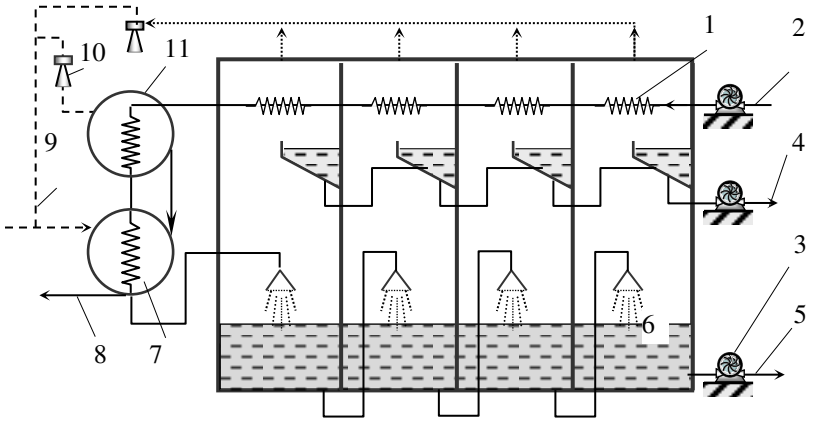


Рис. 6.15. Схема багатоступінчастої установки миттєвого випаровування:
1 – теплообмінник-конденсатор; 2 – солона вода: 3 – насоси; 4 – дистилят; 5 – розсіл; 6– випарники; 7 – підігрівач; 8 – конденсат; 9 – гріючий пар; 10 – парові ежектори; 11 – конденсатор ежекторів

Робота установки заснована на принципі скипання води (з поверхні струменя), що впорскується в послідовно розташовані випарні камери. Мінералізована стічна вода проходить послідовно через ряд теплообмінників-конденсаторів, де вона частково нагрівається паром скипання, що при цьому конденсується. Потім вода догрівається в конденсаторі і підігрівнику. Нагріта вода впорскується в нижню частину випарної камери, де підтримується тиск (розрідження) нижче тиску насиченого пару, що відповідає температурі води, що подається. У результаті відбувається скипання і випар води. Пар скипання піднімається вверх і конденсуються на поверхні теплообмінників, віддаючи тепло воді, які надходить на обробку. Сконденсований дистилят стікає в піддон і віддаляється з установки. Необхідне розрідження в кожній випарній камері підтримується за допомогою парових ежекторів. Конденсат ежекторів використовують для нагрівання води, яка виходить з теплообмінників. При дистиляційній очистці кількість знесоленої води складає 30 – 50% загальної витрати вод, що очищається.

6.6.4. Електродіалізні знесолюючі установки

Електродіалізом називають процес видалення (сепарації) іонів зі стічних вод при їхньому електролізі. Електродіалізний метод в основному застосовують для знесолення (опріснення) природних солоних вод, однак можна його застосовувати для видалення розчинених солей, а також невеликих кількостей кислот або лугів з деяких видів виробничих стічних вод. Метод доцільно використовувати для обробки води з вихідною концентрацією солей 2,5 – 15 г/л. При цьому залишкова концентрація мінеральних солей в обробленій воді звичайно складає ≥0,5 г/л. Більш глибоке очищення стічних вод електродіалізом недоцільне з економічної точки зору [6,12].

Електродіаліз здійснюють у багатокамерному мембранному апараті – електродіалізаторі під дією постійного електричного струму, спрямованого перпендикулярно до площини мембран (рис. 6.16). До достоїнств електродіалізного методу відносять те, що він не викликає агрегатної зміни води і не вимагає її нагрівання. Необхідна витрата електроенергії залежить від вмісту в воді солей. Недоліком методу є необхідність попередньої обробки води для видалення з неї деяких домішок (іони заліза, марганцю, органічні речовини й ін.) для запобігання передчасного зносу іонітових мембран.

Електродіалізні апарати можуть бути прокладочного або лабіринтового типу при паралельній або паралельно-послідовній подачі знесолюваної води (діалізату) і розсолу в камери апарату.

Електродіалізний апарат має вигляд конструкції з великою кількістю камер знесолення і концентрування, розділених почергово непроникними для води, але проникними для катіонів і аніонів мембранами. Уся зборка знаходиться в електричному полі постійного струму між двома електродами, що можуть бути установлені вертикально (апарати з горизонтальною віссю електричного поля) або горизонтально (апарати з вертикальною віссю електричного поля).

Іонообмінні іонітові мембрани для електродіалізних апаратів мають вигляд

Національний університет водного господарства та природокористування

гнучких тонких пластин прямокутної форми. В якості конструкційних матеріалів у іонообмінних мембранах використовується поліетилен. Для підвищення міцності іонітові мембрани армують капроновою або лавсановою сіткою [13].

Для виготовлення анодів використовують матеріали, стійкі до дії кислот, аніони яких містяться в знесолюваній воді, наприклад платинований титан (витрата платини на 1 м^2 площі поверхні анода складає 30 – 35 мг при товщині покриття 1 мкм). Для катодів можуть бути використані вуглецева і легована сталь, титан і ін.

Ефективність роботи установки сягає 90 – 95%. Мембрани мають обмежений термін експлуатації, який максимально може сягнути 5 років. Для ефективної роботи установки стічну воду слід попередньо обробляти.

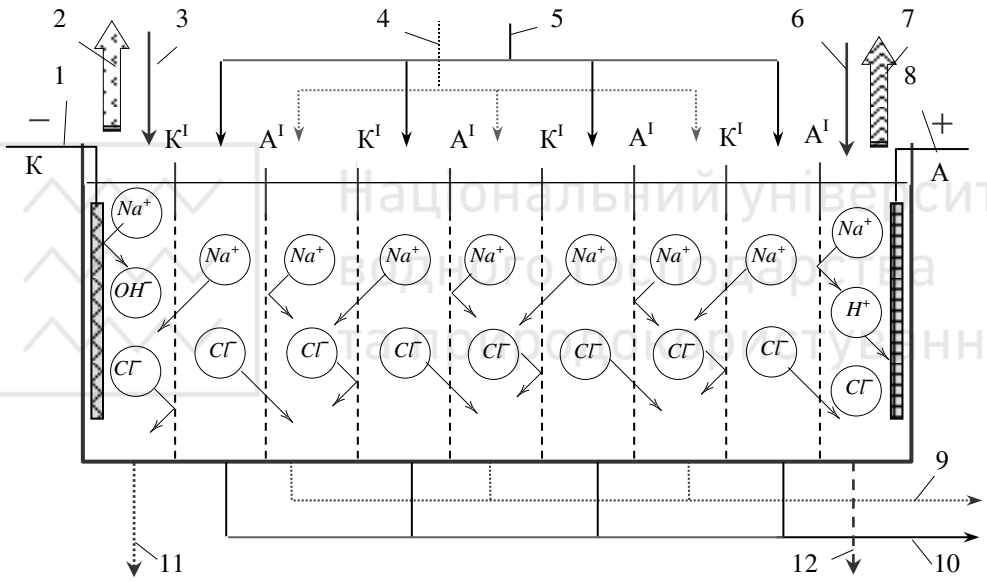


Рис. 6.16. Принципова схема процесу електродіалізу:
К – катод: А – анод: К' – катіонітові мембрани; А' – аніонітові мембрани; 1 – приєднання до від'ємного полюса джерела струму; 2 – вихід газоподібного водню; 3 – подача води на промивання катодної камери; 4 – подача стічних вод у ропні камери; 5 – подача стічних вод в опріснювальні камери; 6 – подача води на промивання анодної камери; 7 – вихід газоподібних кисню і хлору; 8 – приєднання до додатного полюса джерела струму; 9 – відвід опріснених вод; 10 – відвід розсолу; 11 – відвід промивних вод з катодної камери; 12 – відвід промивних вод з анодної, камери

Знесолення води методом електродіалізу може бути здійснене за однією з наступних схем проточно-рециркуляційною, циркуляційно-порціонною, прямоточною (якщо іонний склад знесолюваної води дозволяє концентрувати розсіл більше ніж у 2 рази, доцільно застосовувати часткову рециркуляцію розсолу). У стаціонарних електродіалізних знесолюючих установках малої

продуктивності використовуються в основному проточно-рециркуляційна і циркуляційно-порційна схеми.

Для попередження відкладення солей у камерах електродіалізних апаратів повинна бути передбачена періодична переполюсовка і система підкислення розсолу. Витрата електроенергії на сучасних електродіалізних установках 0,8 – 1,2 кВт-год на перенос 1 кг солі.

Контрольні питання

1. Суть та призначення процесу кристалізації розчинів.
2. Основні параметри кристалізації та їх взаємозв'язок.
3. Особливості розрахункових параметрів процесу випарювання в штучних і природних умовах.
4. Типи, основні технологічні параметри кристалізаційних установок та особливості їх застосування.
5. Суть та призначення процесу екстракції розчинів.
6. Екстрагент та екстракт та їх властивості.
7. Конструкція екстракційної колони та суть її роботи.
8. Конструктивні особливості установки протитечійної багатоступінчастої екстракції.
9. Особливості розрахункових залежностей визначення концентрації екстракту за періодичної і неперервної екстракції.
10. Суть роботи та основні технологічні параметри екстракційної установки з вилучення фенолів зі стічних вод фенсольваном.
11. Евапорація – суть процесу та його призначення.
12. Суть роботи та основні технологічні параметри установки для видалення з води летких фенолів.
13. Суть роботи та основні технологічні параметри установки азеотропної відгонки при видаленні з води цінних речовин.
14. Процеси сорбції в схемах очищення стічних вод.
15. Типи сорбентів та їх властивості.
16. Суть, технологічні параметри та схеми багатоступеневої сорбції.
17. Особливості роботи установок з послідовним та з протитоковим уведенням сорбенту.
18. Суть коефіцієнта захисної дії сорбенту.
19. Адсорбер з зрідженим шаром сорбенту – конструктивні особливості та суть роботи.
20. Суть роботи установки для сорбції з води нітропродуктів активованим вугіллям.
21. Суть процесу регенерації сорбенту.
22. Конструктивні особливості іонообмінних установок та їх призначення.
23. Іоніти – властивості та умови застосування.
24. Особливості обмінної ємності сильно- і слабокислотних катіонітів і сильно- і слабоосновних аніонітів.
25. Суть визначення повної, рівноважної, динамічної і робочої обмінної ємності іонітів.
26. Суть процесу регенерації іонітів.
27. Поширені схеми знесолення води з застосуванням іонітів.
28. Властивості елюатів та можливості їх використання.
29. Особливості вилучення солей металів зі стічних вод на іонітових фільтрах.

30. Випарювання – суть процесу та умови використання.
31. Багатокорпусні прямотокова, протитечійна, з паралельним живленням випарні установки та суть їх роботи.
32. Фактори впливу на основні технологічні параметри випарних установок.
33. Особливості технологічного процесу випарних установок, що працюють під вакуумом.
34. Конструктивні особливості та суть роботи установки дистиляційного знесолення води.
35. Конструктивні особливості та суть роботи установки електродіалізного знесолення води.

Література

1. Бабаев И. С. и др. Применение природного цеолита-клиноптиолита в технологических процессах очистки воды. Серия: Сельское хозяйство. – Баку : Азербайджанский НИИТИ, 1981. – 24 с.
2. Веницианов Е. В., Рубинштейн Р. Н. Динамика сорбции из жидких сред. – М. : Наука, 1983. – 237 с.
3. Водовідведення на промислових підприємствах. Навчальний посібник / А.І.Мацнєв, Л. А. Саблій. – Рівне : Українська державна академія водного господарства, 1998. – 219 с.
4. Запольський А. К. Водопостачання, водовідведення та якість води: Підручник. – - К. : Вища школа, 2005. – 671 с.
5. Канализация населенных мест и промышленных предприятий. Справочник проектировщика./Н. И. Лихачев, И. И. Ларин, С. А. Хаскин и др.; Под ред. В. Н. Самохина. 2-е изд., перераб. И доп. – М. : Стройиздат, 1981. – 638 с.
6. Кульский Л. А. Основы химии и технологии воды. – Киев : Наукова думка, 1991.– 568 с.
7. Найманов А. Я., Никиша С. Б., Насонкина Н. Г и др.. Водоснабжение. – Донецк : Издательство–Норд-прес, 2004 г. – 649 с.
8. Николадзе Г. И., Минц Д. М., Кастальский А. А. Подготовка воды для питьевого и промышленного водоснабжения: Учебн. пособие по спец. "Водоснабжение и канализация" для вузов. 2-е изд. перераб. и доп. – М. : Высшая шк. 1984. – 368 с.
9. Родионов А. И. и др. Техника защиты окружающей среды/Родионов А. И., Клушин В. Н., Торочешников Н. С. Учебник для вузов. 2-е изд., перераб и доп. – М. :Химия, 1989. – 512 с.
10. Саблій Л. А. Фізико-хімічне та біологічне очищення висококонцентрованих стічних вод: Монографія. – Рівне : НУВГП, 2013. – 292 с.
11. Технические записки по проблемам качества воды: Пер. с англ. /Под ред. Т.А.Карюхиной и И. Н. Чурбановой. - М.: Стройиздат, 1983, -т.1. – 608с.: т.2. – 609-1063 с.
12. Технический справочник по обработке воды. Дегремон.: в 2 т. Т. 1: пер. с фр. – СПб. : 2007.
13. Яковлев С. В., Карелин Я. А., Ласков Ю. М., Калицун В. И. Водоотведение и очистка сточных вод. – М. : Стройиздат, 1996. – 591 с.
14. Kowal A.L., Swiderska-Broz M. Oczyszczanie wody. – Wyd. 4. Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa-Wroclaw, 2000. – 614 str.
15. Wastewater Engineering. Treatment and Reuse./Inc Metcalf & Eddy; George Tchobanoglous; Franklin L. Burton; Franklin Burton; H. David Stensel. McGraw-Hill Science Engineering, 2002. – 1820 p.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

7. ДООЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД

7.1. Ефективність і область застосування існуючих методів доочищення стічних вод

У залежності від якості вихідної води, що надходить на доочищення, вимог до ефективності очищення, продуктивності очисних споруд і інших умов на практиці застосовуються наступні основні методи доочищення стічних вод: фільтрування (сітчасті, зернисті, волокнисті, пористі та інші фільтри), доочищення стічних вод у біологічних ставках (біологічні ставки з природною або штучною аерацією), флотування (напірне, з механічним диспергуваннням повітря), сорбція (у щільному або розширеному шарі сорбційного матеріалу), окислювання (озоном, хлором, перманганатом калію й ін.), знезаражування (хлором, озоном, ультразвуком, ультрафіолетом), інші методи доочищення стічних вод (рис.7.1) [10,11].

Остаточний вибір методу доочищення стічних вод залежить від значень техніко-економічних показників альтернативних рішень.

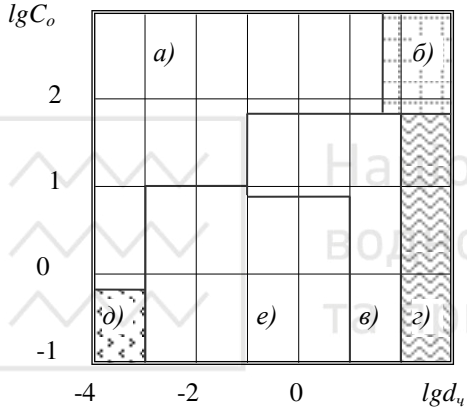


Рис.7.1. Орієнтовані області застосування різних методів видалення забруднень при доочищенні стічних вод [3]:
C_o – концентрація завислих речовин у вихідній воді, мг/л; $d_ч$ – розміри часток забруднень, мкм; *а* – попередня підготовка води (коагуляція, фізико – або біохімічне окислювання); *б* – седиментація; *в* – фільтрування; *г* – проціджування через сітки; *д* – гіперфільтрування, фіксація іонів на твердій фазі; *е* – адсорбція, ультрафільтрація

Частки розміром більше 30 – 50 мкм відповідно до закону Стокса можуть виділятися відстоюванням (при великій концентрації) або проціджуванням (при малій концентрації). Великі частки (більш 100 мкм) с високою ефективністю затримуються на сітчастих установках, ефективність затримки дрібних часток на них складає 15 – 40%. Більш глибока затримка згаданих часток досягається на зернистих фільтрах. Однак при зменшенні розміру часток (0,1 – 10 мкм) ефективність їхньої затримки на зернистих фільтрах помітно знижується. Вміст завислих речовин у воді, що подається на ці споруди не перевищує 50 мг/л. Глибока затримка часток, які пройшли зернисті фільтри, а так само часток розміром 0,001 – 0,1 мкм забезпечується в адсорберах, при концентрації завислих часток у воді до 5 – 10 мг/л. Звільнення води від часток розміром менше 0,001 мкм досягається на гіперфільтрувальних установках або шляхом фіксації іонів на твердій фазі.

Найбільшого поширення в практиці доочищення біохімічно очищених стічних вод набув метод фільтрування через пористі фільтруючі насадки – сітчасті полотна, зернисті, волокнисті, пористі елементи [3,10]. Сітчасті установки здатні вилучати з води механічні домішки різного ступеня

Національний університет
водного господарства
та природокористування

дисперсності. У залежності від технічних характеристик сіток, конструктивних особливостей і режимів роботи установок вихідна вода може очищуватися від великих механічних домішок, дрібнодисперсної суспензії і ряду інших забруднень, що містяться у воді. Механічні домішки, що містяться у воді, можуть затримуватися на робочій поверхні сіток безпосередньо або після утворення на сітці штучного або природного фільтруючого шару. Досить широкий діапазон розмірів отворів сіток дозволяє сітчастим установкам в залежності від пропонованих до них вимог виконувати роль як допоміжних, так і самостійних споруд. У схемах доочищення стічних вод сітчасті установки застосовуються як ступінь попереднього очищення води перед надходженням її на наступний ступінь доочищення – зернисті фільтри. Ефективність затримки забруднень сітчастими установками з води, що надходить після вторинних відстійників, досягає 15 – 20%, причому затримуються на сітках крупні домішки, що могли б негативно впливати на роботу наступних споруд.

Фільтрування води через зернисті фільтруючі шари є одним з основних методів кондиціювання води, у процесі якого з води, що очищається, виділяються не тільки диспергованні частки, але і колоїди. У більшості випадків фільтрування є останнім етапом прояснення води. У залежності від якості вихідної води і вимог до ступеня її очищення, вода перед надходженням на фільтри може піддаватися обробці реагентами.

На відміну від сітчастих фільтрувальних установок фільтри з зернистим фільтруючим шаром дозволяють домагатися подальшого зниження вмісту не тільки завислих речовин, але і таких інгредієнтів як *БПК*, *ХПК*, нітрити, нітрати. Якість очищених вод залежить від гідродинаміки фільтрувальних процесів, кисневого режиму в товщі зернистого фільтруючого шару і фізико-хімічних властивостей суспензії, що надходить із вторинних відстійників на фільтри. Цей метод дозволяє знизити концентрацію завислих речовин до 99%, *БПК* – 60 – 70%. Основну роль у зниженні *БПК*, концентрації завислих часток, азоту амонійного і *ХПК* відіграють механізми молекулярної і електрокінетичної взаємодії на границі розділу фаз у системі: поверхня зерен фільтруючого шару – електроліт-поверхня суспензій, а також мікробіальні механізми, що забезпечують життєдіяльність біоплівки. Прикіплюючу здатність мікроорганізмів у ряді випадків пояснюють утворенням навколо бактеріальних кліток оболонок зі скупчення біополімерів. Цей процес характерний для умов, коли в товщі зернистого фільтруючого шару є обмежена кількість розчиненого кисню і субстрату, що перешкоджає життєдіяльності бактерій.

Зниження концентрації кисню у воді по висоті фільтруючого шару пояснюється життєдіяльністю мікроорганізмів, окислюванням органічних забруднень і можливістю формування біосинтезованих нових кліток активного мулу.

Ефективність роботи фільтрів при доочищенні виробничих стічних вод, зокрема стоків целюлозно-паперових комбінатів, складає 80 – 90% за завислими речовинами і 20 – 40% за $БПК_{повн}$, стічних вод хімічних комбінатів – 84 – 98% за завислими речовинами і 70 – 86% за $БПК_{повн}$, стічних вод

Національний університет водного господарства та природокористування

нафтопереробних заводів – 80 – 90% за завислими речовинами, 75 – 85% за $БПК_{повн}$ і 40% за ефіроозчинними речовинами.

Поряд з описаним методом фільтрування для доочищення біологічно очищених вод застосовуються аеробні біологічні ставки, у яких процеси руйнування залишкових забруднень стічних вод засновані на принципах самоочищення водойм [12,24]. Ведуча роль у процесах окислювання органічних речовин, що відбуваються в біологічних ставках, належить симбіотичній взаємодії бактерій і водоростей. Бактерії використовують кисень, що виділяють водорості, останні, у свою чергу, споживають вуглекислоту, фосфати й амонійний азот, що вивільняються при бактеріальному розкладанні органічних речовин.

Сильний розвиток водоростей супроводжується швидким відмиранням бактерій, і в першу чергу, патогенних. Унікальну роль у доочищенні стічних вод відіграють одноклітинні зелені водорості, що можуть розвиватися при підвищеному вмісті органіки, солей важких металів, радіонуклідів і інших речовин, і при цьому не втрачати здатність до фотосинтезу. Водорості володіють високою акумулятивною здатністю стосовно важких металів і радіоактивних елементів. При культивуванні зелених водоростей на побутових стічних водах прискорюються процеси їх очищення, при цьому активно знижується кількість мінеральних форм азоту і фосфору відповідно на 80 – 90% і 50 – 90%. Немаловажну роль у формуванні якості води відіграють вищі водні рослини. У процесі своєї життєдіяльності макрофіти сприяють спливанню нафтопродуктів, що осіли на дно, і їхньому руйнуванню.

Роль зоогідробіонтів у процесах доочищення стічних вод у значній мірі визначається їхнім способом живлення. Живлячись бактеріями, водоростями, завислими речовинами, вони сприяють проясненню води.

Біологічні ставки для доочищення біологічно очищених стічних вод, як правило, улаштовують проточними; постійний приплив живильних речовин і кисню, безперервне видалення продуктів життєдіяльності водних мікроорганізмів і продуктів їхнього розпаду створюють більш сприятливі умови для розвитку водних мікроорганізмів.

У підвищенні швидкості окислювання органічних забруднень велике значення належить перемішуванню водної маси, константа швидкості споживання кисню в цьому випадку збільшується в 5 – 10 разів і більше. Тому ведення механічної або пневматичної аерації дозволяє в 3 – 3,5 разів підвищити навантаження на ставок за забрудненнями і одночасно збільшити глибину ставка до 3 – 3,5 м, зменшити тим самим його розміри в плані.

Поряд з високими показниками ступеня очищення води на біоставках, великі розміри займаних ними площ, невисокі санітарні показники, залежність від природнокліматичних і гідрогеологічних умов трохи обмежують їхнє поширення. При повторному використанні води в разі потреби строгого дотримання вимог за вмістом завислих речовин і *БПК* після ставків варто передбачувати відповідні фільтрувальні споруди.

Відмінною рисою методу флотування є велика швидкість спливання флотованих забруднень з одночасно високим ступенем концентрації їх у

Національний університет водного господарства та природокористування

пінному продукті. Сутність методу флотування полягає в насиченні стічних вод повітрям з наступним виділенням його з розчину у вигляді дрібних пухирців, що досягається пневматичним шляхом (напірне або вакуумне флотування) або шляхом електричного розкладання води на кисень і водень. Метод флотування досить широко застосовується при очищенні виробничих стічних вод з метою виділення специфічних забруднень, таких як жири, нафта, нафтопродукти, паперове волокно та ін. Ефективність очищення, що досягається при застосуванні описаного методу складає за завислими речовинами 30 – 40%, а при застосуванні коагулянту – 95%, за *ХПК* – 40%, *БПК* – 50%, амонійним азотом – 15 – 20%, іонами заліза – 25%.

Очищену у флотаторі воду подають для більш глибокої доочищення на фільтрувальні споруди.

Найбільш ефективним методом видалення з очищених стічних вод залишкових розчинених органічних сполук, у тому числі біологічно неокислюваних, є сорбція активованим вугіллям [10,15]. Цей метод дозволяє на стадії доочищення стічних вод знизити концентрацію органічних сполук на 90 – 99%. На станціях біологічного очищення стічних вод зниження загального органічного вуглецю активним вугіллям забезпечується від 15 – 20 до 1 – 3 мг/л.

В даний час найбільш розробленим є процес сорбції розчинених органічних речовин з очищених стічних вод гранульованим активованим вугіллям. Застосовуються адсорбери двох типів, що працюють з висхідним або низхідним напрямком фільтраційного потоку. При висхідному напрямку руху фільтруючий шар знаходиться в рухливому стані. В якості фільтруючого матеріалу у практиці очищення води застосовуються вугілля АГ-3, АГ-2, АГ-5, БАУ і ін [1,16].

Адсорбери з рухливим фільтруючим шаром більш ефективні для доочищення стічних вод з невеликим вмістом завислих речовин на станціях невеликої продуктивності. На станціях великої продуктивності використовуються адсорбери з нерухомим фільтруючим шаром.

При сорбційному доочищені стічних вод необхідне ретельне попереднє прояснення води для зниження навантаження на сорбент. Глибоке прояснення вод поліпшує кінетику сорбції, значно подовжує термін служби активованого вугілля, полегшує його наступну регенерацію. У переважній більшості випадків для прояснення біохімічно очищених стічних вод перед надходженням їх на адсорбери вони піддаються очищенню на зернистих фільтрах.

Перешкодою на шляху до широкого впровадження описуваного методу в схемах доочищення стічних вод є дефіцит і дорожнеча фільтруючого матеріалу, складність його регенерації, значні витрати при експлуатації станції доочищення, обладнаної такими спорудами.

Метод окислювання застосовується для видалення зі стічних вод залишкових розчинених забруднень, для цього використовується озон, хлор, двоокис хлору, перманганат калію та інші окислювачі. Окислювально-відновний потенціал озону вище, ніж кисню і хлору, унаслідок чого він має

Національний університет водного господарства та природокористування

більш високу окисну і бактерицидну дію.

Озонування як метод доочищення біологічно очищених міських стічних вод, незважаючи на високу собівартість (0,02 $/м^3) є універсальним, тому що він дозволяє одночасно знизити концентрацію забруднень: за *ХПК* – 10%, *БПК* – 60%, СПАР –90%, фенолів – 40%, азоту – 20%, канцерогенних речовин – 80% і ін. з одночасним знезаражуванням води. Незважаючи на високу собівартість описаного методу, складність устаткування для його реалізації, високі технологічні показники при використанні озону в схемах доочищення стічних вод роблять цей метод перспективним.

Для видалення сполук фосфору в основному застосовується обробка стічних вод хімічними реагентами з метою переводу розчинних форм сполук фосфору в нерозчинні. При цьому досить ефективним реагентом є вапно, солі алюмінію і заліза. Оброблену в такий спосіб воду подають на споруди попередньої очищення (відстійники, прояснювачі і ін.) з наступною її доочисткою на фільтрах.

Очистка води від аміаку досягається при застосуванні методів десорбції, методу мікробіальної нітрифікації і денітрифікації при фільтруванні води через іонообмінні матеріали та ін. Однак дотепер практичне застосування методів видалення зі стічних вод сполук азоту обмежено через складнощі при створенні ефективних екологічно безпечних рішень. Загальна вартість такого доочищення складає 0,044 $/м^3, що в 2 – 2,5 рази дорожче вартості звичайного біохімічного очищення.

З приведеного видно, що глибоке доочищення стічних вод може бути досягнуто застосуванням декількох методів доочищення, причому в технологічному циклі їхньої реалізації, як правило, присутні зернисті фільтри. При рішенні питань доочищення біохімічно очищених стічних вод, що характеризуються великими і постійними значеннями витрат, з економічних, екологічних і технологічних позицій доцільно застосування методу фільтрування через зернистий фільтруючий шар, у товщі якого створені умови для функціонування біоценозу.

7.2. Доочищення стічних вод на зернистих фільтрах

7.2.1. Теоретичні дослідження процесу фільтрування води

Зернисті фільтри в практиці очищення води набули значного поширення. За функціональним призначенням, обсягом капіталовкладень та експлуатаційними витратами ці споруди в загальному комплексі споруд підготовки води посідають чільне місце. Від ефективної роботи зернистих фільтрів значною мірою залежить якість очищеної води, її собівартість.

Для прогнозування умов роботи зернистих фільтрів існує значна кількість методик, що базуються на теоретичних та емпіричних засадах. Проте для практичного розрахунку процесу фільтрування води всі існуючі методики потребують проведення значного обсягу експериментальних досліджень. Розроблювана в останні роки на базі імовірнісних процесів теорія процесу фільтрування також передбачає необхідність експериментального визначення

Національний університет водного господарства та природокористування

властивостей домішок води, зернистого матеріалу та інших параметрів. Усе це свідчить як про надмірну складність процесу, так і про недосконалість існуючих методів прогнозування.

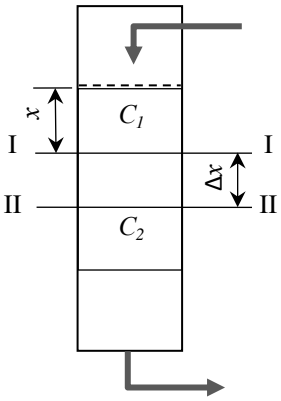


Рис.7.2. Фільтрування суспензії через зернисте середовище

Теоретичні засади процесу фільтрування суспензії через зернисте середовище достатньо повно висвітлені в роботах Д.Мінца, що висвітлюють процес вилучення з рідини однорідних за властивостями домішок малої концентрації під час їхнього руху через однорідне зернисте середовище. При цьому автором було запропоновано диференційне рівняння, що має вигляд [14]:

$$-\frac{\partial C}{\partial x} = bC - \frac{a}{v}\rho \quad , \tag{7.1}$$

де x – товщина шару, м; ∂C/∂x – градієнт концентрації; b – параметр фільтрування, що визначає інтенсивність прилипання частинок і залежить від умов фільтрування; ρ – густина насичення зернистого шару осадом, тобто, кількість осаду накопиченого до даного моменту часу в одиниці об'єму елементарного шару; v – швидкість фільтрування; a – параметр фільтрування, що визначає інтенсивність відриву частинок і залежить від умов фільтрування; C – концентрація домішок в профільтрованій воді.

Рівняння (7.1) є основним рівнянням теорії. Воно відбиває специфіку процесу фільтрування суспензій через зернисті фільтри. Градієнт концентрації $\partial C/\partial x$ насамперед залежить від концентрації суспензії, що надходить до кожного елементарного шару фільтруючого шару ∂x, і інтенсивності прилипання часток до зерен шару (b). Ця залежність виражається першим членом правої частини рівняння (7.1).

Спочатку кількість осаду у фільтруючому шарі незначна, і явище відриву часток не робить впливу на хід процесу. У цьому випадку можна прийняти $\rho = 0$:

$$\frac{\partial C}{\partial x} = -bC \tag{7.2}$$

або

$$C = C_o e^{-bx}, \tag{7.3}$$

де C_o – початкова концентрація суспензії, що надходить на фільтр.

У міру накопичення осаду в шарі явище відриву й переносу часток починає грати все помітнішу роль, затримуюча здатність шару поступово зменшується,

Національний університет
водного господарства
та природокористування

тобто зменшується градієнт концентрації $\partial C/\partial x$. Ця обставина враховується другим членом правої частини рівняння (7.1).

Явище відриву й переносу часток є головним чинником, що обумовлює поступове зменшення затримуючої здатності шару. Крім того, деякий вплив може мати збільшення дійсної швидкості потоку в порах фільтруючого шару, зміна величини сумарної поверхні, на якій відбувається прилипання, зміна звивистості порових каналів. Усі ці фактори пов'язані з накопиченням осаду, тому можна вважати, що вони також враховуються другим членом рівняння (7.1).

Після досить тривалого фільтрування наступає граничне насичення шару, коли концентрація суспензії по товщині шару не змінюється. У цьому випадку $\partial C/\partial x=0$; $C=C_o$ та $\rho=\rho_{гр}$. З рівняння (7.1) для цього стану процесу витікає:

$$bC_o = \frac{a\rho_{гр}}{v}, \tag{7.4}$$

де $\rho_{гр}$ – гранична густина насичення

$$a = \frac{bvC_o}{\rho_{гр}}. \tag{7.5}$$

Це співвідношення показує, що параметр фільтрування a збільшується пропорційно параметру b, швидкості фільтрування й початковій концентрації суспензії та зменшується зі збільшенням граничної густини насичення. Добуток перших трьох величин характеризує швидкість накопичення осаду у фільтруючому шарі. Гранична густина насичення характеризує міцність осаду.

Диференціюючи тепер рівняння (7.1) за часом і з огляду на рівняння балансів, одержимо:

$$\frac{\partial^2 C}{\partial x \partial t} + a\frac{\partial C}{\partial x} + b\frac{\partial C}{\partial t} = 0, \tag{7.6}$$

де C – концентрація домішок у воді по висоті фільтруючого шару; x – відстань від поверхні фільтруючого шару; t – тривалість процесу фільтрування; b і a – параметри фільтрування.

Інтегрування диференціального рівняння (7.6) можливе за певних обмежень, які дозволяють вважати параметри фільтрування постійними величинами. В якості таких обмежень прийнято, що:

- суспензія однорідна, тобто всі частки суспензії однакового розміру і мають однакові фізико-хімічні властивості та однакову здатність до прилипання;
- зернистий шар за фракційним складом однорідний.

За таких умов диференціальне рівняння (7.6) інтегрується як рівняння гіперболічного типу з постійними коефіцієнтами.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Інтеграл цього рівняння має вигляд наступного ряду:

$$C = C_O \cdot \sum_{s=1}^{\infty} e^{-b \cdot x} \frac{(b \cdot x)^{s-1}}{(s-1)!} \tau_s \cdot e^{-a \cdot t}, \qquad (7.7)$$

де s – кількість доданків ряду; C_o – концентрація завислих речовин у воді, що надходять на фільтр; функція τ_s, яка залежить тільки від добутку a·t, визначається за виразами;.

$$\tau_s = \tau_{s-1} - \frac{(at)^{s-2}}{(s-2)!}, \qquad (7.8)$$

$$\tau_1 = e^{at}. \qquad (7.9)$$

При вирішенні практичних задач параметри фільтрування *b* і *a* можуть змінюватися в діапазоні $1<b<10$; $0{,}01<a<1{,}0$.

Беручи до уваги вплив параметрів фільтрування на величину C/C_o, можна припустити можливість корегування цієї величини зміною величини *a* і *b* при відомих значеннях *t* і *x*.

Використовуючи безрозмірне відношення миттєвої концентрації до початкової концентрації часток у воді $y=C/C_o$, що надходить на фільтр, та увівши незалежні безрозмірні змінні $X=b \cdot x$, $T=a \cdot t$, вираз (7.1) зміниться:

$$\frac{\partial^2 y}{\partial X \partial T} + \frac{\partial y}{\partial X} + \frac{\partial y}{\partial T} = 0 \qquad (7.10)$$

У рівняння (7.10) не входять параметри фільтрування *a* і *b*, що характеризують умови протікання процесу, що надає йому ознак універсальності при описі процесу фільтрування.

Функціональна залежність такого рівняння матиме вигляд:

$$\frac{C}{C_o} = f(X,T). \qquad (7.11)$$

Для практичного застосування рівняння фільтрування (7.11) необхідно мати розрахункові залежності визначення параметрів фільтрування *a* і *b*.

У роботах Д.М.Мінца для визначення параметрів фільтрування *a* і *b* запропоновано математичні вирази, отримані на основі теорії розмірностей.

$$X = \beta \frac{x}{v^{0,7} \cdot d^{1,7}} = bx, \qquad (7.12)$$

$$T = \alpha \cdot t \cdot v / d = at, \qquad (7.13)$$

де α, β – коефіцієнти, що враховують сукупний вплив усіх фізичних і фізико–хімічних властивостей води і домішок.

Національний університет водного господарства та природокористування

Підставляючи отримані вирази у вираз (7.7) для будь-яких значень T і X при s=24 (вплив s>24 на точність обчислень за виразом 7.7 є незначним), можна визначити значення C/C_o. Графіки згаданих залежностей мають складний характер. Для опису отриманих графічних залежностей А.М.Гіролем було підібрано нижче наведений математичний вираз і визначено емпіричні константи для умов зазначених в [14].

$$-\ln(C/C_O)/X = e^{-m\cdot T^n}. \tag{7.14}$$

де m і n параметри, значення яких є функцією X:

$$m = \exp\left(-\frac{0{,}678X}{2{,}95 + X^{0{,}785}}\right), \tag{7.15}$$

$$n = m^{0{,}38}. \tag{7.16}$$

Відхилення розрахункових значень, отриманих за виразами (7.7) і (7.14), не перевищує ±5%. Дотримуючись вимог виробництва, що висуваються до величини C/C_o при T=0, із виразу (7.14) можна обчислити значення X, а за відомих значень X і x – віднайти значення b. Маючи значення x, v, d, за виразами (7.12), (7.13) можна віднайти значення β. Очевидно, маючи значення X і C/C_o з виразу (7.14) можна віднайти значення параметра T, а при відомому T і t із виразу (7.13) можна обчислити значення параметрів α та α.

Дослідження функції $C/C_o=f(x,t)$, описуваної рівняннями (7.7) і (7.14), та представлення отриманих результатів у просторових координатах дозволяє ліпше унаочнити виявлені закономірності. Числовий експеримент проведено для умов, зазначених на рис. 7.3.

З наведеного рисунку очевидно, що при t=0 графік функції $C/C_o=f(x)$ подібний до аналогічного графіка, зображеного на рис. 7.3. З ростом параметра t графік функції $C/C_o=f(x)$ набуває більш пологої форми, за цих умов при x=100 зростає і величина C/C_o. Причому вже при t=72 величина параметра C/C_o наближується до 0,9, тобто ефект затримки домішок у товщі зернистого шару близький до 10%. Величина параметра C/C_o=0,1 (що відповідає ефекту очищення фільтрованої води в 90%) досягається в інтервалі зміни параметрів $80\le x\le 100$ та $0\le t\le 10$. За межами зазначено діапазону зміни згаданих параметрів величина параметра $C/C_o\ge 0{,}1$, а ефект очищення води – ≤ 90%. Так, уже при t=50 і x=100 величина параметра $C/C_o\approx 0{,}5$, а при $t\approx 0$ і x=40, $C/C_o>0{,}2$.

Визначення втрат напору в товщі фільтруючого шару є однією з головних складових методики розрахунків зернистих фільтрів. Похибки у визначенні величини зазначеного параметра зумовлюють невірне визначення розмірів споруд чи встановлення технологічних параметрів їх роботи, що призводить до відхилення від раціональних значень собівартості очищення води як основного критерію прийнятих рішень.

Питанням розробки методики визначення закономірностей втрат напору в

Національний університет
водного господарства
та природокористування

товщі водоочисних фільтрів приділяється значна увага [14,20,23]. Найбільшого поширення набули теоретичні розробки Д.М.Мінца для визначення втрат напору в товщі фільтруючого шару із кварцового піску [14]. Для визначення втрат напору в товщі плаваючого фільтруючого шару запропоновано ряд відмінних від згаданої розрахункових залежностей. Проте відомі залежності отримані для характеристики процесу в границях зміни досліджуваних параметрів, при виході за межі яких виникає потреба пошуку нових рішень.

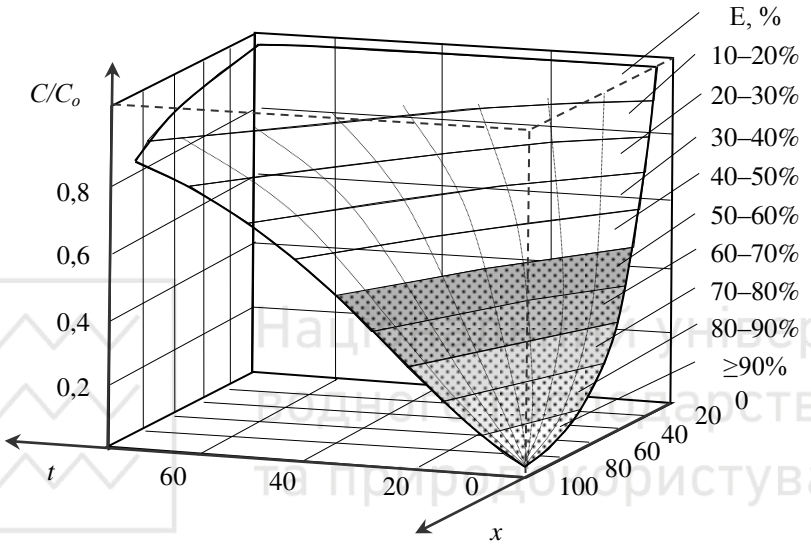


Рис. 7.3. Просторове зображення зміни функції $C/C_o=f(x,t)$
при $0\le t\le 72$, $0\le x\le 100$, $a=0{,}1$, $b=4$

При пошуку нових математичних залежностей, що характеризуватимуть зміну втрат напору в товщі плаваючого фільтруючого шару при низхідному напрямку руху фільтраційного потоку, покладено рівняння С.Ергана. Отримання величини емпіричних констант нових залежностей базується на результатах власних досліджень та результатах досліджень інших авторів [2,3,8].

Особливістю отриманих залежностей є врахування всебічно апробованих математичних залежностей, що характеризують гідравлічні закономірності процесу втрат напору в товщі зернистого шару, врахування технологічних параметрів процесу фільтрування та умов існування стаціонарності зернистого шару. Нові математичні залежності для прогнозування значень розрахункових параметрів досліджуваного процесу сприяють умовам створення математичного апарату для раціоналізації конструктивних параметрів фільтрів та оптимізації споруд очищення води.

При фільтруванні суспензій через зернистий шар у його товщі

Національний університет водного господарства та природокористування

затримуються дисперсні частки. Поступове заповнення пор зернистого шару затриманими частками зумовлює зменшення розміру пор, та призводить до зростання втрат напору фільтраційного потоку. Закономірність втрат напору в часі можна представити у вигляді [2,7]:

$$\frac{h_i}{h_o} = e^{n \cdot q}, \tag{7.17}$$

де h_o – втрати напору в товщі чистого фільтруючого шару на початку фільтрування, м; h_i – втрати напору в товщі фільтруючого шару з бігом часу, м; n – постійна фільтрування, $м^{-1}$ ($n=0{,}001....0{,}005$ $м^{-1}$) ; q – об'єм фільтрату, отриманого з 1 $м^2$ поверхні фільтра, $м^3 \cdot м^{-2}$ або м.

Показник ступеня експоненціальної залежності має вигляд:

$$n \cdot q = \ln(1 + n \cdot v \cdot t), \tag{7.18}$$

де v – швидкість фільтрування, м/с; t – тривалість фільтрування, с.

Із врахуванням наведеного попередня функція набуде вигляду:

$$\frac{h_i}{h_o} = 1 + n \cdot v \cdot t \tag{7.19}$$

тобто втрати напору в товщі фільтруючого шару з бігом часу змінюються за законом прямої лінії:

$$h_i = h_o \cdot (1 + n \cdot v \cdot t). \tag{7.20}$$

Відомо, що фільтрування суспензії в товщі зернистого шару протікає при ламінарному режимі. Перепад тиску в чистому фільтруючому шарі (h_o) для значного діапазону зміни *v* відповідно до рівняння С.Ергана описується [4,5,7]:

$$\Delta p = k \cdot \frac{(1-\varepsilon_o)^2}{\varepsilon_o^3} \cdot \frac{\mu \cdot v}{d^2} \cdot l_o + 1{,}75 \cdot \frac{1-\varepsilon_o}{\varepsilon_o^3} \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{d} \cdot l_o, \tag{7.21}$$

де Δp – перепад тиску під час руху фільтраційного потоку через зернистий шар, Па; k – константа Козені, перебуває в межах 150…200, прийняте k=150; μ – динамічна в'язкість потоку $Н/(с \cdot м^2)$; v – фіктивна швидкість фільтраційного потоку (в розрахунку на поперечний переріз порожнього фільтра), м/с; l_o – товщина зернистого шару, м; d – діаметр гранул фільтруючого шару, м; ε_o – поруватість шару.

Очевидно перший доданок виразу (7.21) є залежність Козені – Кармана для умов ламінарного руху рідини в товщі зернистого середовища, а другий – величина, що враховує неламінарність фільтраційного потоку.

Національний університет водного господарства та природокористування

Приймаючи що:

$$\Delta p = \rho \cdot g \cdot h_o \,, \tag{7.22}$$

де ρ *– густина води, кг/м*^{3}*;* g *– гравітаційна стала, м/с*^{2}*;* h *– висота стовпа води перед фільтруючим шаром зумовлена втратами напору під час руху суспензії, м.*

попередній вираз набуде вигляду:

$$h_o = 150 \cdot \frac{(1-\varepsilon_o)^2}{\varepsilon_o^3} \cdot \frac{\upsilon \cdot v}{d^2 \cdot g} \cdot l_o + 1{,}75 \cdot \frac{1-\varepsilon_o}{\varepsilon_o^3} \cdot \frac{v^2}{d \cdot g} \cdot l_o \,. \tag{7.23}$$

Отримана залежність дозволяє визначити втрати напору в товщі фільтруючого шару при фільтруванні через нього чистої води. Графіки зміни втрат напору в товщі зернистого шару зі зміною швидкості фільтрування описуються прямими лініями, що свідчить про ламінарність фільтраційного потоку. Максимальні втрати напору не перевищували граничного їх значення, за якого фільтруючий шар переходить у розширений стан.

Порівняння результатів розрахунків за виразом (7.23) і даними експериментальних досліджень, проведеними із плаваючим фільтруючим шаром різного фракційного складу та товщини, мають хороший збіг. Величина відхилень розрахункових та експериментальних даних не перевищує ±10%. Окремі відхилення експериментальних точок від розрахункових значень, очевидно, пояснюється складністю точного визначення величини параметра ε_o та деяким порушенням структури зернистого шару при значеннях швидкості фільтрування близької до швидкості початку порушення стаціонарності фільтруючого шару.

Із врахуванням (7.23) вираз (7.20) для визначення втрат напору в товщі фільтруючого шару при фільтруванні через нього суспензії впродовж часу t набуде вигляду:

$$h_i = \left[150 \cdot \frac{(1-\varepsilon_o)^2}{\varepsilon_o^3} \cdot \frac{\upsilon \cdot v}{d^2 \cdot g} \cdot l_o + 1{,}75 \cdot \frac{1-\varepsilon_o}{\varepsilon_o^3} \cdot \frac{v^2}{d \cdot g} \cdot l_o \right] \cdot \left(1 + n \cdot v \cdot t\right). \tag{7.24}$$

Значення параметрів n, ε_o визначають емпіричним шляхом. Величина параметра ε_o може змінюватися в межах 30…64%, а для фільтруючого шару з спінених гранул полістиролу 41…45% [3,9]. Значення параметра n є також непостійним. Його величина залежить від фізико-хімічних властивостей матеріалу фільтруючого шару, води фільтраційного потоку та вимог споживача до якості фільтрату.

Величина показника n при фільтруванні декарбонізованої води через шар спінених гранул полістиролу сягає 0,003 м$^{-1}$. Отже, маючи значення параметрів n, ε_o, υ за виразом (7.24), для будь якого зі значень d, v, l_o, t можна визначити втрати напору (h_i) при фільтруванні декарбонізованої води (рис.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

7.4.). Зі зміною властивостей води величина показника n також змінюватиметься.

Максимальне значення втрат напору в товщі фільтруючого шару фільтрів, що працюють при низхідному напрямку руху фільтраційного потоку обмежене незмінністю структури зернистого шару. Перевищення втратами напору граничної величини ($h_г$) призводить до розширення фільтруючого шару. Вираз що характеризує граничні втрати напору в товщі зернистого шару має вигляд [3,5]:

$$h_г = \frac{\rho - \rho_c}{\rho} \cdot (1 - \varepsilon_o) \cdot l_o, \qquad (7.25)$$

де ρ_c *– густина матеріалу гранули спіненого полістиролу, кг/м*^{3}.

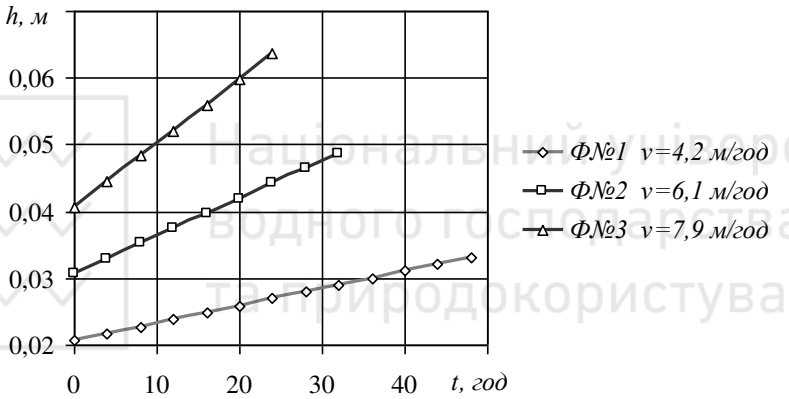


Рис. 7.4. Графіки втрат напору фільтраційного потоку в товщі фільтруючого шару (l_o=1,4 м, ε_o=0,41, $h_г$=0,7 м, d=2,63 мм, n=0,003 м$^{-1}$, h_o=0,7 м)

Співвідношення h_i=h_o витримується в перші хвилини фільтрування, коли пори фільтруючого шару незамулені. Із часом втрати напору h_i зростають. Очевидно, значення параметра h_i впродовж фільтроциклу змінюватиметься в межах $h_o \le h_i \le h_г$. При умові $h_i = h_г$ фільтруючий шар перебуває в стані можливого розширення. За таких умов процес фільтрування нестабільний, можливе розширення фільтруючого шару, що супроводжується виносом із фільтрованою водою раніше затриманих забруднень.

Прирівнявши праві й ліві частини виразів (7.20) і (7.25) отримаємо вираз для визначення тривалості фільтроциклу, за якої в товщі фільтруючого шару можуть бути досягнуті граничні втрати напору. Тривалість досягнення граничних втрат напору позначимо як t=t_h.

$$t_h = \left(\frac{h_г}{h_o} - 1 \right) \frac{1}{n \cdot v} \cdot \qquad (7.26)$$

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Розмаїття підходів до опису процесу очищення води фільтруванням, значна кількість констант у запропонованих різними авторами залежностях свідчить про проблемність їх універсальності та надзвичайну складність об'єкту досліджень.

Як правило, промивка фільтруючого шару протікає під час його розрідження. Для характеристики процесу розширення зернистих матеріалів значного поширення набула емпірична залежність [5]:

$$\mathrm{Re} = \frac{Ar \cdot \varepsilon^{4,75}}{18 + 0{,}61 \cdot \sqrt{Ar \cdot \varepsilon^{4,75}}}, \qquad (7.27)$$

де ε – поруватість зернистого шару; Re – критерій Рейнольдса – Re=vd/υ; Ar – критерій Архімеда – $Ar=d^3 \cdot (\rho_в - \rho_п) \cdot g/(\upsilon^2 \rho_в)$; v – швидкість руху потоку промивної води, м/с; υ – кінематичний коефіцієнт в'язкості промивної води, $м^2/с$; $\rho_в$, $\rho_п$ – густина води та питома маса спінених гранул полістиролу, $кг/м^3$; d – діаметр спінених гранул полістиролу.

Необхідна величина відносного розширення зернистого шару *e* значною мірою залежить від розміру його зерен, властивостей стічної води, конструктивних особливостей фільтра і сягає 0…50%. Значення цього параметру можна обчислити за виразом:

$$e = l / l_0 - 1, \qquad (7.28)$$

де l_0, l – висота фільтруючого шару в нерозширеному та в розширеному стані.

Відношення між висотою розширеного шару та початковим значенням його поруватості можна записати [2]:

$$\frac{l}{l_0} = \frac{1 - \varepsilon_0}{1 - \varepsilon}, \qquad (7.29)$$

де ε_0, ε – початкова та бігучі величини поруватості плаваючого зернистого шару. Для зернистих шарів значення параметра ε_0 змінюється в межах 0,4…0,62 [2,9].

Беручи до уваги наведені вище залежності, через величину ε можна визначити значення параметра *e*.

$$e = \frac{1 - \varepsilon_0}{1 - [(0{,}36\,\mathrm{Re}^2 + 18\,\mathrm{Re}) / Ar]^{0,21}} - 1. \qquad (7.30)$$

Вираз (7.30) дозволяє в широкому діапазоні визначати величину відносного розширення фільтруючого шару з різних матеріалів (кварцовий пісок, шунгізит, полістирол тощо).

Національний університет водного господарства та природокористування

7.2.2. Конструктивні особливості зернистих фільтрів для доочищення стічних вод

Одношарові фільтри з зернистим фільтруючим шаром. Станції доочищення стічних вод з фільтрами зазвичай включають наступні споруди: приймальні резервуари, насосну станцію для подачі води на барабанні сітки, фільтрувальні споруди, резервуар для контакту води з хлором, аератор для насичення води киснем і видалення надлишкового хлору, резервуар для збору промивних вод, насосну станцію для їхнього перекачування в голову споруд, резервуар для промивки барабанних сіток і фільтрів з насосною станцією для подачі води на промивку. Для промивки фільтрів можна використовувати воду після барабанних сіток або після фільтрів [10].

Об'єм резервуарів води для промивки і резервуарів збору брудних промивних вод (від фільтрів і барабанних сіток) розраховують виходячи з потреби води на дві промивки. Промивні забруднені води повертаються в голову очисних споруд перед первинними відстійниками або аеротенками (рис.7.5).

Об'єм прийомних резервуарів розраховують з урахуванням нерівномірності притоку води зі станції аерації, режиму роботи насосів і фільтрувальних споруд. Допустиме перевантаження фільтрів приймається до 15% при поступовому нарощуванні швидкості фільтрування. Зменшення об'єму резервуарів може бути досягнуте шляхом раціоналізації добору насосів для підкачування води на споруди доочищення.

Розрахункову сумарну площу фільтрів F, м^2, визначають за формулою

$$F = \frac{Q_p + Q_ц}{24 \cdot v_p - n \cdot v_p \cdot t}, \qquad (7.31)$$

де Q_p – розрахунковий притік води на споруди, м^3/добу, при відсутності регулюючих ємностей перед фільтрами, визначають за максимальним годинним притоком води; $Q_ц$ – циркуляційна витрата, що включає витрата води на промивку фільтрів і барабанних сіток, м^3/добу. Для орієнтованих розрахунків варто прийняти $Q_ц$=0,025Q_p (при одній промивці фільтра на 1 добу) і $Q_ц$=0,05Q_p (при двох промивках на 1 добу); t – тривалість простою одного фільтра під час промивки і скидання першого фільтрату, приблизно 5 хв у 1 год; n – кількість промивок одного фільтра на 1 добу; v_p – розрахункова швидкість фільтрування, м/год (табл..7.1);

$$v_p = v_ф \cdot \frac{N - m}{N}, \qquad (7.32)$$

$v_ф$ – швидкість фільтрування при форсованому режимі, м/год; N – загальна кількість фільтрів (приймається не менше чотирьох): m – кількість фільтрів, що знаходяться на ремонті (при N >20, m =3 при N<20, m=2).

Площа одного фільтра повинна бути не більше 50 – 60 м^2, а ширина – не

Національний університет водного господарства та природокористування

більше 4,5 м. Кількість фільтрів N на станції доочищення орієнтовно визначають за формулою

$$N = 0{,}5 \cdot \sqrt{F} \ . \qquad (7.33)$$

Для запобігання біологічного обростання фільтруючого шару рекомендується його обробляти хлорною водою з концентрацією хлору 100 – 200 мг/л не менше двох разів на рік. Тривалість контакту фільтруючого шару з хлорною водою 24 год.

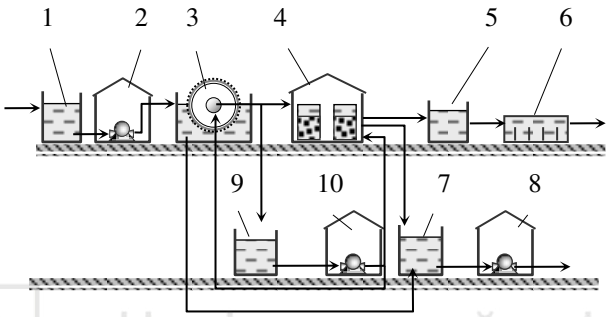


Рис. 7.5. Схема станції доочищення стічних вод:
1 – прийомні резервуари; 2 – насосна станція: 3 – барабанні сітки; 4 – фільтрувальні споруди; 5 – резервуар для контакту води з хлором: 6 – швидкотік-аератор; 7 – резервуар для промивних вод; 8 – насосна станція; 9 – резервуар для промивки барабанних сіток і фільтрів; 10 – насосна станція для подачі води на промивку

При випуску доочищених стічних вод у водойму або при їхньому повторному використанні їх знезаражують.

У залежності від якості стічних вод, вимог до ступеня доочищення води, технологічних і техніко-економічних показників для доочищення стічних вод застосовують фільтри наступних конструкцій: з низхідним, висхідним або радіальним потоком води, одношарові або двошарові, з рухливим фільтруючим шаром, каркасно-засипні, аеровані, із плаваючим фільтруючим шаром. В якості фільтруючого матеріалу використовують кварцовий пісок великих фракцій, гравій, гранітний щебінь, гранульований доменний шлак, антрацит, горілі породи, керамзит, полістирол, шунгізит (табл. 7.1).

Основні вихідні дані при проектуванні фільтрів – їхня продуктивність, якість вихідної води (вміст завислих речовин, *БПК*, *ХПК* і інші специфічні забруднення), якість фільтрованої води. Фільтри розраховують на робочий і форсований режими (при вимиканні окремих фільтрів на промивку і ремонт).

Для вибору методу доочищення води в кожному конкретному випадку потрібне техніко-економічне обґрунтування.

Одношарові фільтри з низхідним фільтраційним потоком води використовують для доочищення виробничих стічних вод після механічного очищення для затримки дрібнодисперсних завислих часток. У деяких випадках застосовується двоступінчата очистка на грубозернистих, а потім на

Національний університет водного господарства та природокористування

дрібнозернистих фільтрах. Параметри одношарових фільтрів для доочищення механічно і біологічно очищених стічних вод, приведені в табл. 7.2.

Таблиця 7.1

Характеристика деяких фільтруючих матеріалів

Фільтруючий матеріал	Щільність, г/см^3	Пористість, %	Подрібнюваність за масою (відходи після тривалої експлуатації), %
Річковий пісок	2,46	36,5 – 44,5	3,93
Дроблений шлак	2,5	39,4 – 64,3	7,7
Гранітний щебінь	2,5	48,4 – 64,3	8,35
Горіла порода	–	44 – 48	3
Шунгізит	–	56 – 58	5,67

Конструкція фільтра (рис. 7.6.) аналогічна застосовуваній в практиці водопідготовки. Фільтруючий шар фільтра – кварцовий пісок по гравійному підстильному шарі. Висота гравійного шару з розміром зерен 2 – 40 мм приймається 0,6 м.

Таблиця 7.2

Параметри одношарових фільтрів

Тип фільтра для доочищення	Розмір зерен фільтруючого шару, мм	Висота фільтруючого шару, ми	Швидкість фільтрування, м/год
Після механічного очищення:			
грубозернистий	2 – 3	2000	10
грубозернистий	1 – 2	1500 – 2000	7 – 10
середньозернистий	0,8 – 1,6	1000 – 1200	5 – 7
Дрібнозернистий	0,4 – 1,2	1000	5
Після біологічного очищення – грубозернистий	1 – 2	1000 – 1600	5 – 7

Як завантажувальний матеріал фільтра використовують гранульований доменний шлак розміром 0,6 – 2,5 мм. При наявності місцевого гранітного щебеню завантаження фільтра може здійснюватися щебенем розміром 7 – 14 мм.

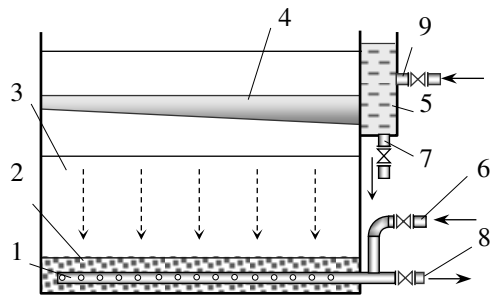


Рис. 7.6. Відкритий швидкий фільтр із напрямком потоку зверху вниз:
1 – дренажна система: 2 – підтримуючі гравійні шари; 3 – фільтруючий шар; 4 – жолоби для подачі стічної води: 5 – розподільний канал; 6 – подача промивної води; 7 – відвід промивної води; 8 – відвід фільтрату; 9 – трубопровід подачі стічної води

Для регенерації фільтруючого шару фільтрів передбачають водяне або водоповітряне промивання. Для видалення шару активного мулу, що

Національний університет
водного господарства
та природокористування

утворюється на завантаженні, застосовують попередню поверхневу промивку фільтрів за допомогою механізму для розпушування, установленого над фільтруючим шаром в кожному фільтрі. Механізм реверсивно рухається по спеціальними рейками, одночасно пересуваючи дві дірчасті труби, розташовані в кожній секції фільтра на відстані 100 мм від верха фільтруючого шару. У труби під тиском подається вода і струмені води, що виходять з отворів, рихлять верхній фільтруючий шар на глибину до 20 см. Інтенсивність водяної промивки висхідним струменем фільтрованої води складає 16 – 18 л/(с·м^2), тривалість 6 – 8 хв, фільтроцикл – 12 год.

При промивці фільтра забруднення можуть видалятися також за допомогою низького горизонтального відводу промивної води. Забруднена промивна вода надходить у простір над фільтруючим шаром і потім горизонтальним потоком через пісковловлюючий жолоб направляється в центральний відвідний канал і в резервуари промивної води. Пісковловлючий жолоб запобігає виносу зерен фільтруючого шару з потоком промивної води.

При використанні фільтрів з низхідним потоком ефект доочищення за вмістом нафтопродуктів з 10 – 40 до 2 – 5 мг/л, завислих речовин – з 20 – 50 до 2 – 3 мг/л, заліза загального з 1,5 – 5 до 0,3 – 0,4 мг/л, хрому загального з 0,5 – 15 до 0,03 – 0,1 мг/л, за $БПК_{повн}$–50 – 60%.

У піщаних фільтрах з висхідним потоком і низьким відводом промивної води реалізується принцип фільтрування в напрямку зменшення розміру зерен фільтруючого шару, внаслідок чого значно поліпшуються умови роботи фільтра (рис.7.7). У дрібнозернисті шари вода надходить уже значно очищеною, завдяки чому виключається замулювання дрібнозернистих шарів і досягається більш рівномірний розподіл забруднень по висоті фільтра. У результаті цього забезпечується підвищена місткість фільтра за кількістю затриманих забруднень, збільшується тривалість фільтроциклу, краще використовується будівельний об‘єм фільтра.

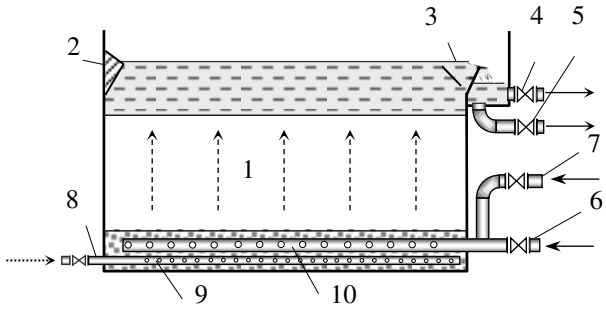


Рис. 7.7. Схема фільтра з висхідним потоком води і водоповітряною промивкою: 1– фільтруючий шар; 2 – струмененапрямний виступ; 3 – піскоуловлюючий жолоб; 4 – відвід проясненої води; 5 – скид промивної води; 6 – подача вихідної води; 7 – подача промивної води: 8 – подача повітря; 9 – розподільча система для подачі води; 10 – розподільча система для подачі повітря

Фільтруючий шар – річковий пісок або дроблений кварцит розміром 1,2 – 2 мм, висота фільтруючого шару до 2 м. Розрахункова швидкість фільтрування приймається 7 – 8 м/год для робочого режиму і 9 – 10 м/год форсованого.

Ефект доочищення на фільтрах з висхідним потоком складає за завислими речовинами 70 – 85%, за $БПК_{повн}$ – 50 – 65%. Перед фільтрами установлюють

Національний університет водного господарства та природокористування

вхідну камеру – повітровідокремлювач, розраховану на перебування в ній води впродовж 5 хв.

Забруднення з фільтруючого шару видаляють шляхом триетапної водоповітряної промивки 1 раз на добу при виносі завислих речовин із вторинних відстійників до 20 мг/л і два рази на добу при виносі суспензії до 40 мг/л. Для промивки використовують профільтровану стічну воду або воду з вхідної камери після барабанних сіток.

Розподільча система складається з колектора і відгалужень труб, діаметр яких повинен бути не більше 150 мм.

Для розрахунку системи подачі повітря на фільтр швидкість його руху в системі приймають 10 – 20 м/с, на виході із отворів розподільчої системи 40 – 50 м/с; діаметр отворів 3 – 5 мм; відстань між отворами 100 – 200 мм.

Переваги фільтрів з висхідним потоком і низьким відводом води – менша будівельна висота, відсутність системи гідравлічного або механічного розпушування верхнього фільтруючого шару, велика тривалість фільтроциклу.

У двошарових фільтрах, так само як і у фільтрах з висхідним потоком, використовується принцип фільтрування в напрямку зменшення розміру зерен фільтруючого шару, що досягається при русі води зверху вниз через фільтруючий шар, що складається із шарів різних за щільністю матеріалів. Верхні шари фільтруючого шару на висоту 0,4 – 0,5 м складаються з більш великих зерен розміром 1,2 – 2 мм, а нижні на висоту 0,6 – 0,7 м – із зерен розміром 0,7 – 1,6 мм (рис.7.8). У верхніх шарах фільтруючого шару можуть бути використані дроблений антрацит або керамзит, у нижніх – кварцовий пісок. Підстильний шар висотою 0,55 – 0,8 м складається з гравію розміром 2 – 40 мм.

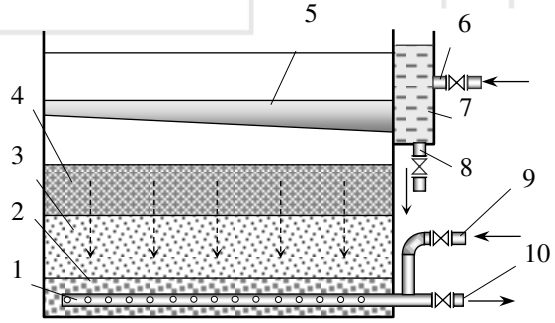


Рис. 7.8. Схема двошарового фільтра: 1 – дренажна система; 2 – гравій; 3 – пісок; 4 – антрацит; 5 – жолоб для розподілу вихідної води і відводу промивної; 6 – трубопровід подачі стічної води; 7 – канал; 8 – випуск промивної води; 9 – подача промивної води: 10 – трубопровід відводу фільтрованої води

Завдяки двошаровому фільтруючому шару досягається більш рівномірний розподіл забруднень по висоті фільтра, знижується темп приросту втрат напору, збільшується тривалість роботи фільтра. Розрахункова швидкість фільтрування при нормальному режимі 7 – 8 м/год а при форсованому 9 – 10 м/год. Фільтроцикл у цих фільтрах сягає 24 ч.

Промивка двошарових фільтрів здійснюється струмом води знизу вверх при 50%-ном розширенні фільтруючого шару. Тривалість промивки 10 – 12 хв, інтенсивність 14 – 16 л/(с·м^2). Витрата промивної води складає 3,5% кількості стічних вод.

Перед водяною промивкою фільтра у висхідному потоці води рекомендується додаткова поверхнева промивка для розпушення залишкових

Національний університет водного господарства та природокористування

забруднень, що нагромадилися на поверхні фільтруючого шару і шару активного мулу, що утворився. Така промивка здійснюється за допомогою системи стаціонарних або рухомих дірчастих труб. Інтенсивність поверхневої промивки 13 л/(с·м^2).

При використанні двошарових фільтрів вміст завислих речовин знижується на 70 – 80%, $БПК_{повн}$– на 60 – 70%.

Недоліки фільтрів цього типу – складність створення двошарового фільтруючого шару, дефіцитність матеріалу, завищений будівельний об‘єм фільтра, можливість винесення зерен верхнього фільтруючого шару. З огляду на можливість виносу легких фракцій, двошарові фільтри недоцільно використовувати для очищення стічних вод, що містять волокнисті домішки і речовини, що склеюються.

Аеровані фільтри рекомендується застосовувати для глибокого видалення колоїдних і розчинених органічних забруднень зі зниженням завислих речовин на 80 – 90%, $БПК_{повн}$ – на 75 – 80%, *ХПК* – на 30 – 40%.

В аерованому зернистому фільтрі (на відміну від звичайних фільтрів) у процесі фільтрування вводиться і розподіляється в товщі фільтруючого шару стиснене повітря або кисень, що сприяє інтенсифікації біохімічного процесу в завантаженні фільтра. Насичення доочищених стічних вод киснем до 8 мг/л перед знезаражуванням їх і зниження $БПК_{повн}$ до 3 мг/л дозволяє скидати стічні води у водойму будь-якої категорії.

В якості фільтруючого шару рекомендується застосовувати кварцовий пісок розміром 1 – 1,8 мм при висоті шару 1 м і гранітний щебінь розміром зерен 3 – 6 мм при висоті шару 1 – 1,5 м, для підтримуючих шарів висотою 0,45 м – відсортований гравій розміром 2 – 32 мм.

Технологічна схема доочищення стічних вод на аерованих фільтрах передбачається на двох ступенях і має різні конструктивні рішення.

Двоярусний аерований зернистий фільтр (рис. 7.9) по висоті розділений дірчастою перегородкою на нижній і верхній яруси. Нижній ярус фільтра призначений для прояснення вихідної води, верхній – для видалення розчинених органічних забруднень і насичення води киснем. Розрахункові параметри нижнього ярусу: швидкість фільтрування через кварцовий пісок 6 – 7 м/год, тривалість фільтроцикла 24 ч, інтенсивність промивки 16 – 18 л/(с·м^2) впродовж 7 – 8 хв. Вихідна вода надходить у розподільчу систему нижнього ярусу, фільтрується знизу вверх і через дірчасту перегородку надходить у фільтруючий шар верхнього ярусу. У процесі фільтрування в підтримуючий гравійний шар верхнього ярусу подається повітря з інтенсивністю 0,7 – 1 м^3/(год·м^2). Збір і відведення доочищеної води здійснюються відвідними жолобами і трубопроводами. Промивка фільтруючого шару здійснюється роздільно по ярусах. Для неаерованої частини фільтра може застосовуватися безгравійна трубчаста розподільча система (рис. 7.9).

Двоступінчастий аерований фільтр. Неаерована й аерована частини цього фільтра розташовуються поруч у горизонтальній площині. В неаерованій

Національний університет водного господарства та природокористування

частині вода рухається знизу вверх; в аерованій – зверху вниз.

Каркасно-засипний фільтр (КЗФ) є різновидом багатошарових фільтрів, у яких використовується принцип фільтрування в напрямку зменшення розміру зерен фільтруючого шару.

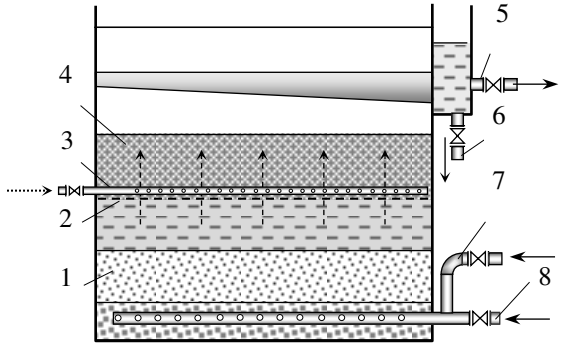


Рис. 7.9. Двоярусний керований зернистий фільтр:
1 – фільтруючий шар першого ярусу; 2 – дірчаста перегородка; 3 – система розподілу повітря; 4 – фільтруючий шар другого ярусу; 5 – трубопровід відводу профільтрованої води; 6 – трубопровід відводу промивної води; 7 – трубопровід подачі на фільтр промивної води; 8 – трубопровід подача на фільтр стічної води

Конструкція КЗФ аналогічна конструкції звичайного швидкого фільтра з низхідним рухом води і низьким відводом промивної води (рис. 7.10, 7.11).

Для фільтруючого шару каркасно-засипних фільтрів використовують гравій із розміром зерен 40 – 60 мм і пісок із розміром зерен 0,8 – 1 мм. Зернистий матеріал засипають пошарово: на підтримуючі гравійні шари по черзі засипають гравій і пісок: піщані частки заповнюють міжпоровий простір гравійного каркасу. Загальна висота гравійного фільтруючого шару (каркаса) 1,8 м, висота піщаного в каркасі 0,9 м, шар води над гравійним каркасом близько 2 м. Втрати напору в КЗФ орієнтовно складають 2 – 3 м. Швидкість фільтрування 10 м/год (при форсованому режимі допускається збільшення швидкості фільтрування до 15 м/год).

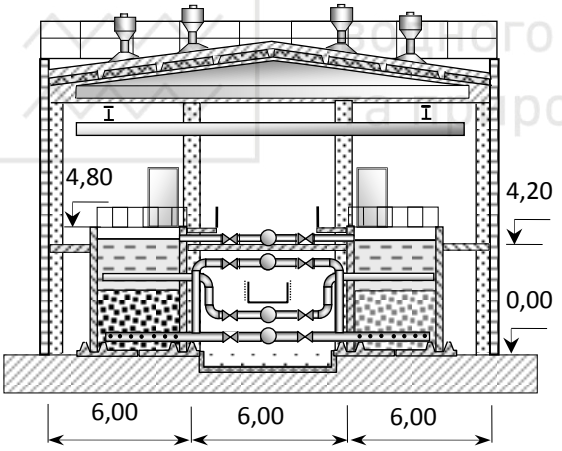


Рис. 7.10. Розріз станції доочищення стічних вод обладнаної каркасно-засипними фільтрами

При середній концентрації завислих речовин у вихідній воді 20 мг/л і розрахунковій швидкості фільтрування 10 м/год тривалість фільтроциклу для КЗФ складає 20 год. Каркасно-засипний фільтр розраховується на максимальний годинний притік. Промивка фільтрів може бути як водяна, так і водоповітряна. При водяній промивці КЗФ відбувається зважування піщаної засипки в нерухомому гравійному каркасі на всю його висоту і забруднення відтираються з поверхні зерен піску і гравію. Інтенсивність водяної промивки 20 л/(с·м^2), тривалість промивки 8 хв.

Витрата промивної води складає 3 – 5% об‘єму очищеної води. Періодично

Національний університет водного господарства та природокористування

(один раз у два-три місяці) варто проводити промивку КЗФ хлорною водою з вмістом активного хлору 200 мг/л.

Ефект видалення суспензії активного мулу на КЗФ передбачається на 80% при початковій концентрації суспензії до 20 мг/л. Зниження $БПК_{повн}$ на 70% при *БПК* вихідної води 10 – 15 мг/л.

КЗФ можуть використовуватися також у якості денітрифікаторів. При цьому амонійний азот попередньо відновлюється біохімічним шляхом до нітритів і нітратів, що, у свою чергу, в денітрифікаторах типу КЗФ перетворюються в молекулярний азот, який переходить в атмосферу.

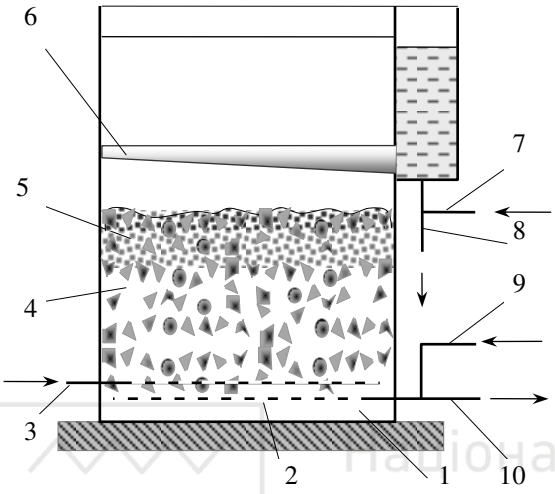


Рис. 7.11. Схема каркасно-засипного фільтра:
1 – підтримуючі гравійні шари; 2 – розподільча система для води; 3 – розподільча система для повітря; 4 – пісок; 5 – гравійний каркас; 6 – жолоб; 7 – подача вихідної води; 8 – відвід промивної води; 9 – подача промивної води; 10 – відвід фільтрату

При доочищенні механічно очищених стічних вод для фільтруючого шару фільтра застосовують гравій розміром 40 мм на висоту 1300 мм і пісок розміром 0,6 мм на висоту 700 мм; швидкість фільтрування 5 – 7 м/год.

Радіальний фільтр складається з круглого в плані корпуса і зовнішньої перегородки, виготовленої з сітки. В якості фільтруючого матеріалу використовують горілу породу фракцій 1,2 – 2 мм.

Схема роботи радіального фільтра (рис. 7.12): вихідна стічна вода подається на доочищення по трубі 10 у периферійний кільцевий простір, утворений корпусом фільтра 1 і зовнішньою пористою перегородкою 2, і фільтрується через фільтруючий шар 3. Профільтрована стічна вода збирається в центральній пористій трубі 4 і відводиться по трубопроводу 8 з фільтра. Промивку фільтруючого шару проводять водою, насиченою стисненим повітрям, через ковпачкову безгравійну дренажну систему. Промивна вода відводиться в збірний лоток 5.

З зовнішньої сторони в периферійному кільцевому просторі розташована дірчаста труба для розподілу повітря 9. Швидкість фільтрування, віднесена до площі поперечного перерізу фільтра – 26 м/год. В міру замулення фільтруючого шару рівень води перед зовнішньою перегородкою підвищується і при досягненні верхньої позначки фільтр включається на промивку. Тривалість фільтроциклу між промивками залежить від концентрації завислих речовин у вихідній воді. Подача промивної води проводиться по трубі 7, відвід промивної забрудненої води – по трубі 11.

Національний університет водного господарства та природокористування

Для боротьби з кольматацією пористої бетонної перегородки періодично проводять обробку її хлорною водою з концентрацією хлору 10 – 12 мг/л впродовж 6 – 12 год.

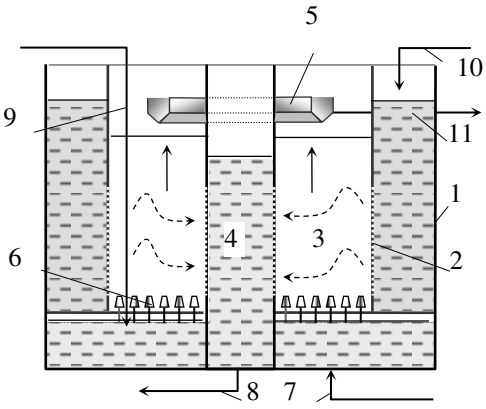


Рис. 7.12. Радіальний фільтр:
1 – корпус фільтра: 2 – кільцева перегородка з пористого бетону або сітки; 3 – фільтруючий матеріал; 4 – центральна труба з пористого бетону або сітки; 5 – лоток для збору і відводу промивних вод; 6 – ковпачкова безгравійна дренажна система; 7 – трубопровід подачі води на промивку; 8 – трубопровід відводу фільтрованої води; 9 – повітропровід; 10 – трубопровід подачі стоку на очистку; 11 – трубопровід відводу промивної води

Ефект доочищення стічних вод на радіальних фільтрах за завислими речовинами і $БПК_{повн}$ складає 60 – 70%.

Особливістю конструкції *фільтрів з рухомим фільтруючим шаром* (рис. 7.13) є вертикальне розташування фільтруючого шару і горизонтальний рух вихідної води. Крім того, відмивка забрудненого фільтруючого шару здійснюється за межами фільтра.

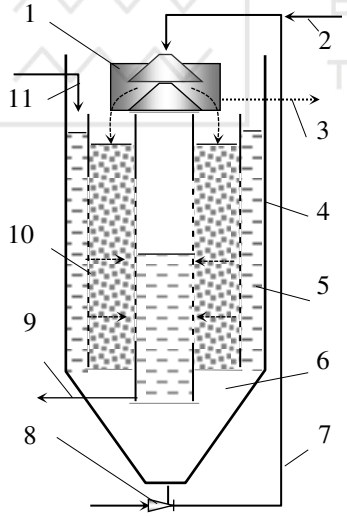


Рис. 7.13. Конструкція фільтра з рухомим фільтруючим шаром:
1 – промивний пристрій; 2 – трубопровід подачі води на промивку; 3 – трубопровід відведення промивної води; 4 – корпус установки; 5 – стічна вода; 6 – фільтруючий шар; 7 – трубопровід транспортування фільтруючого шару; 8 – гідроелеватор; 9 – трубопровід відведення профільтрованої води; 10 – пористі стінки; 11 – трубопровід подачі стічної води

Для фільтруючого шару рекомендується використовувати грубозернистий пісок фракції 1,5 – 3 мм або гранітний щебінь розміром 3 – 10 мм. Розрахункова швидкість фільтрування 15 м/год; витрата промивної води складає 1 – 2% продуктивності фільтра.

Ефект очищення стічних вод за завислими речовинами 50 – 55%, за $БПК_5$ – близько 30%.

В порівнянні фільтрів з рухомим фільтруючим шаром з піщаними фільтрами значно збільшується швидкість фільтрування, досягається висока якість відмивки фільтруючого шару від забруднень, забезпечується розподіл фільтруючого шару в напрямку зменшення розміру зерен, скорочується виробнича площа, займана фільтром, виключається періодичне хлорування фільтруючого шару фільтра в зв'язку з досить добрим відокремленням забруднень від фільтруючого шару.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Недоліками фільтрів є велика металоємність, стирання стінок трубопроводів, а також абразивний знос гідроциклонів, здрібнювання і винос піску, складність експлуатації і внаслідок цього збільшення чисельності обслуговуючого персоналу.

Фільтри з плаваючим фільтруючим шаром (ФПЗ) можна використовувати для доочищення як механічно очищених виробничих (від виробництв металургійної, хімічної і легкої промисловості), так і біологічно очищених міських стічних вод або їхньої суміші з виробничими [3,6]. Застосування фільтрів з плаваючим фільтруючим шаром забезпечує такий же ефект доочищення за суспензіями і *БПК*, як і фільтри з двошаровим фільтруючим шаром. За гідравлічними умовами ФПЗ можуть працювати в напірному, самопливному і комбінованому режимах, із застосуванням реагентів або без них, при фільтруванні води знизу вгору або зверху вниз (табл. 7.3) [3,10].

Схеми фільтрів з плаваючим фільтруючим шаром приведені на рис. 7.14 а,б. Стічна вода по трубопроводу 7 надходить у надфільтровий простір, фільтрується через плаваючий фільтруючий шар зверху вниз у напрямку зменшення розміру діаметрів гранул пінополістиролу. Фільтрат збирається середньою дренажною (б) або нижньою трубою (а) і виводиться з фільтра.

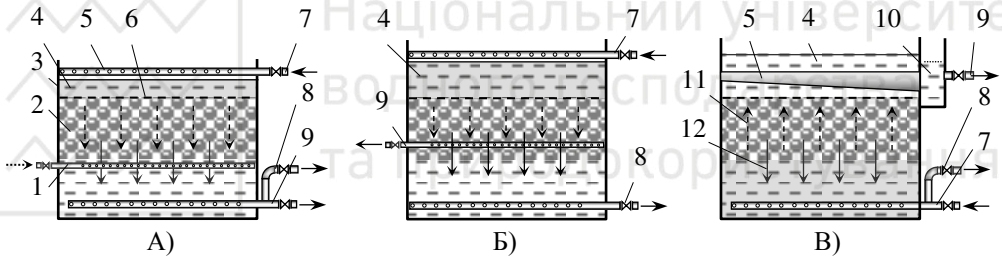


Рис. 7.14. Схеми фільтрів з плаваючим фільтруючим шаром [3,9]:
а – фільтри з низхідним напрямком руху фільтраційного потоку; б – фільтр з низхідним напрямком руху фільтраційного потоку і середньою дренажною системою; в – фільтри з висхідним напрямком руху фільтраційного потоку.
1 – трубопровід подачі повітря; 2 – плаваючий фільтруючий шар; 3 – корпус; 4 – надфільтровий простір; 5 – верхня розподільча система; 6 – верхня утримуюча система; 7 – трубопровід подачі стічної води; 8 – трубопровід відведення промивної води; 9 – трубопровід відведення профільтрованої води; 10 – канал; 11 – напрямок руху фільтраційного потоку; 12 – напрямок руху потоку промивної води

При досягненні граничних втрат напору фільтруючий шар фільтра промивається. Регенерація плаваючого фільтруючого шару здійснюється в низхідному потоці води. Для цього закривають засувку 9 і відкривають засувку 8. Вода з надфільтрового простору спрямовується вниз, розширює фільтруючий шар і вимиває з нього забруднення. При зниженні рівня води в надфільтровому об’ємі до найнижчого положення або після закінчення відповідного часу промивка припиняється шляхом закриття засувки 8. Особливістю промивки фільтра (а) є застосування стисненого повітря, що подається в нижню частину фільтруючого шару. Фільтр цієї конструкції має

Національний університет водного господарства та природокористування

найменшу висоту корпуса.

Фільтр конструкції (в) працює з висхідним напрямком фільтраційного потоку (рис.7.14в). Профільтрована вода в такому фільтрі збирається в надфільтровому просторі. Промивка фільтра проводиться як і в попередньому випадку – при низхідному напрямку руху води. Особливістю цієї конструкції фільтра є те, що промивка проводиться профільтрованою водою [10,21].

Для управління технологічними процесами фільтри з плаваючим фільтруючим шаром можуть бути обладнані системою гідроавтоматики, основним елементом якої є сифони (рис. 7.15).

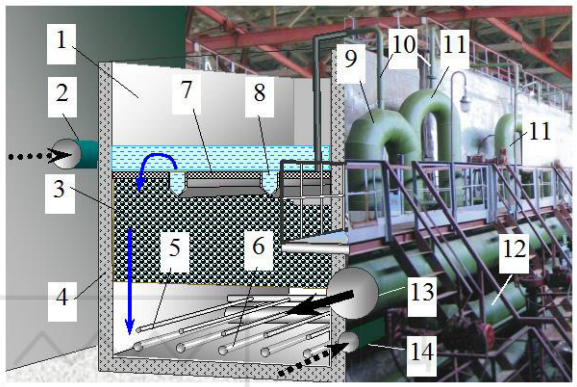


Рис. 7.15. Загальний вигляд фільтрувальної станції обладнаної системою гідроавтоматики:
1 – надфільтровий простір, 2 – трубопровід подачі на фільтри вихідної води, 3 – фільтруючий шар, 4 – корпус фільтра, 5 – система розподілу повітря, 6 – збірно-розподільча система, 7 – верхня розподільча система, 8 – жолоби, 9 – сифон відводу з фільтра промивної води, 10 – трубки зриву вакууму в сифонах, 11 – сифон відводу профільтрованої води, 12 – трубопровід відводу з фільтра промивної води, 13 – трубопровід відводу з фільтра профільтрованої води, 14 – трубопровід подачі на фільтр повітря

Таблиця 7.3.

Значення основних технологічних параметрів фільтрів з плаваючим фільтруючим шаром

Призначення фільтра	Позначення конструкції (рис.7.14)	Характеристика води, (на вході /на виході), мг/л			$V_ф$, *м/год.*	$t_ф$, *год*
		вміст завислих часток	*БПК*	*ХПК*		
Доочищення біологічно очищених господарсько-побутових і виробничих стічних вод	А; Б	10 /6	12/6	–	10	24
		20/8	16/9	–	10	12
Доочищення стоків після флотаторів		180 /10	–	–	8	8
		180/8	–	–	10	8
Доочищення стічних вод шкіряного виробництва після електрокоагуляції-флотації		300/50	–	600/ 500	10	
Доочищення стічних вод від завислих часток	В	50/3	–	–	5	12

Примітка: діаметр робочих фракцій полістиролу для конструкцій А, Б 1,5 – 2,5 мм, для конструкції В – 0,8 – 1,5 мм; товщина фільтруючого шару – 1,4 – 2 м.

$V_ф$ – швидкість фільтрування; $t_ф$ – тривалість фільтроцикла.

Національний університет водного господарства та природокористування

При фільтруванні зверху вниз висота шару води над поверхнею фільтруючого шару повинна бути не меншою від 0,5 м, а до кінця промивки – не меншою від 0,1 м. Максимальну висоту шару води в надфільтровому просторі призначають розрахункових шляхом виходячи з умов забезпечення промивки фільтруючого шару. При промивці однієї секції ФПЗ допускається збільшення швидкості фільтрування на 20%. Температура вихідної води не повинна перевищувати 50°С (щоб уникнути розм'якшення полімеру). Фільтруючий шар з плаваючого полімерного матеріалу готують на місці його використання шляхом спінювання товарного бісеру (гранул полістиролу) у гарячій воді або пором при температурі 100 – 105°С в вільному об'ємі або спінювачах. Спінені гранули мають достатню механічну міцність, водонепроникні, стійки до дії кислот і лугів.

Достоїнства фільтрів з плаваючим фільтруючим шаром: простота конструкції й експлуатації, довговічність фільтруючого шару, надійність очищення, відсутність спеціальних промивних насосів і ємностей промивної води, здатність фільтруючого шару до самостійного гідравлічного сортування за розмірами гранул в процесі їх промивки.

7.3. Доочищення води на пористих елементах

7.3.1. Фільтрування води через пласкі пористі перетинки

Поширеними технологіями в практиці доочищення стічних вод є її фільтрування через пористі елементи різноманітних властивостей (рис. 7.16). В залежності від суті вирішуваної задачі в практиці доочищення стічних вод застосовують пористі елементи різного розміру пор [10,23].

В процесі фільтрування стічної води через пористі перетинки відбувається поділ суспензій на чисту рідину і вологий осад [7]. У промислових умовах застосовують різноманітні, часто досить складні за конструктивним виконанням фільтри, причому фільтрувальні перетинки зазвичай мають плоску або циліндричну форму.

Відмінною рисою всякої фільтрувальної перетинки є присутність в ній наскрізних пор, здатних пропускати рідину, але затримувати тверді частинки суспензії. При цьому наскрізні пори можуть затримувати тверді частки, розмір яких менше розміру поперечного перерізу пор в їх найвужчих зонах. Середній розмір і форма пор фільтрувальних перетинок визначаються розмірами і формою елементів, з яких вони виготовлені.

Фільтри з пористими перетинками (барабанні фільтри) поділяються на періодично та безперервно діючі. У перших фільтрувальна перетинка нерухома, в іншому вона безперервно переміщується по замкнутому шляху. При цьому у фільтрах періодичної дії на всіх елементах перетинки одночасно здійснюються одні і ті ж процеси, наприклад надходження суспензії, утворення осаду або його видалення. У фільтрах безперервної дії на різних елементах перетинки відбуваються різні процеси в залежності від того, на якій ділянці замкнутого шляху знаходиться в даний момент певний елемент

Національний університет водного господарства та природокористування

перетинки; так, на одній ділянці перетинки суспензія надходить, а на іншій її ділянці формується або видаляється осад.

Інтенсивність фільтрування прямо пропорційна різниці тисків, що створюється з обох боків фільтрувальної перетинки, і обернено пропорційна опору руху рідини під час її руху через пори перетинки, заповнені частинками утвореного осаду.

Незалежно від того, яким чином створюють різницю тисків, рушійна сила процесу фільтрування зростає прямо пропорційно до цієї різниці. Проте в більшості випадків швидкість фільтрування зростає повільніше, ніж збільшується різниця тисків, тому що при збільшенні останньої пори перетинки і осаду стискаються, і опір зростає.

Не слід забувати, що в деяких випадках, коли осад відрізняється великим стискуванням, рушійна сила і опір зростають майже пропорційно, внаслідок чого підвищенням різниці тисків не вдається досягти помітного збільшення швидкості фільтрування.

В процесі фільтрування суспензій не завжди є потреба застосовувати перетинки з порами, середній розмір яких менше середнього розміру твердих частинок. Як виявляється, тверді частинки успішно затримуються фільтрувальними перетинками з порами, середній розмір яких значно перевищує середній розмір відокремлюваних частинок (рис.7.16).

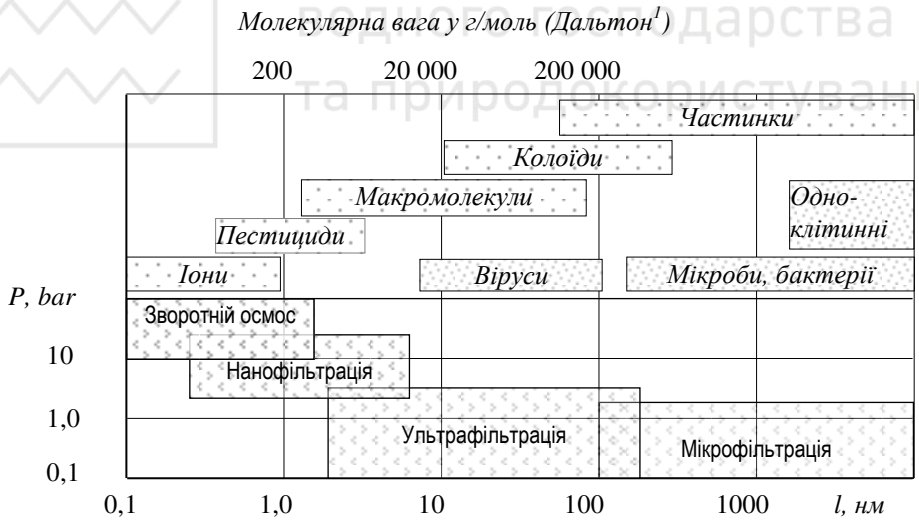


Рис.7.16. Орієнтовані області застосування пористих перетинок в технології доочищення стічних вод

Дещо підвищений вміст домішок в профільтрованій воді на початковому етапі роботи фільтра пояснюється проникненням твердих частинок через пори фільтрувальної перегородки. Фільтрат стає прозорим, коли перегородка

[1] Дальтон — атомна одиниця маси

Національний університет
водного господарства
та природокористування

набуває достатню затримуючу здатність. Це досягається або за рахунок зменшення ефективного перетину пор при проникненні в них твердих частинок, або внаслідок утворення над входами в пори пористої структури з затриманих часток. Така структура з затриманих часток залежать від властивостей твердих частинок і рідкої фази суспензії, а також від умов фільтрування.

Структура осаду, перш за все, визначається гідродинамічними факторами, до числа яких відносяться пористість осаду, розмір твердих його частинок і питомої поверхні або сферичність цих частинок. Однак на структуру осаду значно впливає і ряд інших факторів, які, до певної міри, умовно можна назвати фізико-хімічними. Такими факторами є, зокрема:

- ступінь коагуляції або пептизації твердих частинок суспензії;
- вміст смолистих та колоїдних домішок, що закупорюють пори;
- вплив подвійного електричного шару, що виникає на межі розділу твердої і рідкої фаз в присутності іонів і зменшує ефективний перетин пор;
- наявність сольватної оболонки на твердих частках.

Вибір фільтруючих матеріалів надзвичайно широкий: від пористих поверхонь, тканин, сіток до зернистих активних або інертних матеріалів, що мають штучне або природне походження.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

7.3.2.Барабанні сітки

Барабанні сітки типу БСБ із бактерицидними лампами використовують у схемах доочищення біологічно очищених міських стічних вод перед фільтрами з зернистим фільтруючим шаром для виділення з води великих домішок, що не осідають у вторинних відстійниках [10].

Барабанні сітки рекомендується розміщувати в опалювальній і вентильованій будівлі з температурою повітря до 16°С і відносною вологістю 60 – 75%. Будівлю барабанних сіток доцільно з'єднувати з будівлями насосних установок і фільтрувальних станцій, забезпечуючи по можливості самопливне надходження стічних вод на фільтри.

Для промивки сіток можна використовувати профільтровану воду, а також воду з мережі господарсько-питного водопроводу. Витрата промивної води складає до 0,5% розрахункової продуктивності для установок з діаметром 1,5 м і 0,3% для установок з діаметром 3 м. Періодичність промивки складає 8 – 12 разів на 1 добу, тривалість промивки – 5 хв. Трубопроводи для подачі і відводу промивної води варто розраховувати на максимальну витрату, рівну 1 л/с, на кожен пояс барабана. Вільний напір у трубопроводі в розбризкувачах передбачається до 15 – 10^4 Па. Промивна вода після БСБ подається в голову споруд перед первинними відстійниками.

Включення і відключення БСБ на промивку здійснюється автоматично в залежності від перепаду рівнів води в барабані і камері, де встановлена БСБ. Регенерація сіток здійснюється бактерицидними лампами. При забрудненні води нафтопродуктами металеві сітки можна очищати гарячою водою або струменем пару.

Національний університет водного господарства та природокористування

7.3.3. Мікрофільтри

Мікрофільтри (МФБ) для доочищення біологічно очищених стічних вод рекомендується застосовувати в якості самостійних споруд в тих випадках, коли за умовами скидання їх у водойму або використання у виробництві припустима менша глибина доочищення в порівнянні з ефектом, що досягається на піщаних фільтрах [10].

Для нормальної роботи мікрофільтрів вміст завислих речовин у вихідній воді не повинен перевищувати 40 мг/л. Вода на мікрофільтри подається після вторинних відстійників. При доочищені на мікрофільтрах стічних вод з вихідною концентрацією завислих речовин 15 – 20 мг/л забезпечується зниження вмісту завислих речовин на 50 – 60%, а $БПК_{повн}$ – на 25 – 30%.

У мікрофільтрах використовують робочі сітки з нержавіючої сталі галунного плетива з розміром вічок близько 35 мкм і підтримуючі сітки також з нержавіючої сталі з розміром вічок 2×2 мм.

Втрати напору при мікрофільтруванні складають 0,06 – 0,12 м, а з урахуванням втрат напору в підвідних і відвідних комунікаціях загальні втрати напору на установках МВФ повинні бути не більшими від 0,5 – 0,6 м. Швидкість фільтрування стічних вод через сітки приймається 15 – 25 м/год. Витрата промивної води складає 4% розрахункової продуктивності мікрофільтра з діаметром барабана 1,5 і 3% – для установок з діаметром 3 м. Регенерація забрудненої мікросітки відбувається при швидкостях витікання струменя промивної води 1 – 1,5 м/с і при напорі води в промивному пристрої 0,6 – 1,2 атм (0,06 – 0,12 Мпа). Для промивки можна використовувати воду, що пройшла мікрофільтрування. Після мікрофільтрів промивна вода направляється в голову споруд перед первинними відстійниками.

При використанні мікрофільтрів для доочищення стічних вод значно скорочуються капітальні й експлуатаційні витрати і площа території для будівництва споруд доочищення. Застосування мікрофільтрів на станціях продуктивністю 100 тис. $м^3$/добу забезпечує зниження приведених витрат приблизно в 2,6 рази в порівнянні з використанням піщаних фільтрів. З огляду на те, що мікрофільтри є устаткуванням заводського виготовлення, застосування їх сприяє істотному прискоренню і зниженню вартості будівництва очисних споруд.

При проектуванні станції доочищення стічних вод на зернистих фільтрах в якості першого ступеня доочищення можуть бути застосовані мікрофільтри.

7.3.4. Мембранні установки

Гіперфільтрування, або зворотний осмос – процес поділу розчинів (виділення з них чистої води) фільтруванням через напівпроникні мембрани під тиском, що перевищує осмотичний. Напівпроникні мембрани пропускають молекули води, але не пропускають гідратовані іони солей або молекули недисоційованих сполук [23]. Таким чином, при гіперфільтруванні одержують чисту воду, яку можна скинути у водойму або направити в систему промислового водопостачання, і концентрований розчин, що направляється на

Національний університет водного господарства та природокористування

утилізацію при наявності в ньому коштовних речовин або на знищення чи поховання при їх відсутності (рис. 7.17).

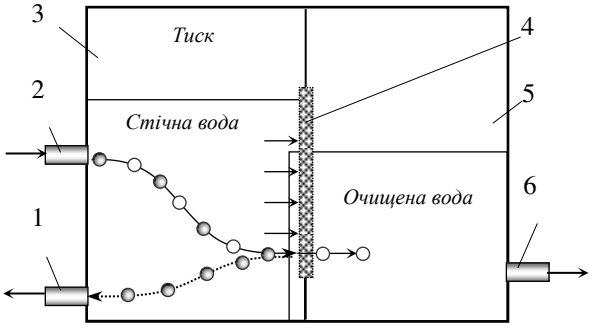
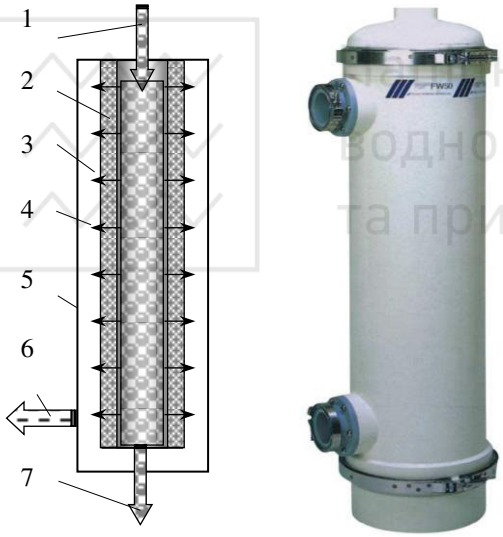


Рис. 7.17. Схема розділення складових суспензії:
1 – трубопровід відведення концентрату; 2 – трубопровід подачі стічної води; 3 – камера високого тиску; 4 – мембрана; 5 – камера низького тиску; 6 – трубопровід відведення очищеної води

Розрізняють власне гіперфільтрування, коли використовують мембрани з діаметром про пор не більше 10 Å, і ультрафільтрування, коли використовують мембрани з діаметром про пор 50 – 2000 Å. Гіперфільтрування доцільно застосовувати для поділу концентрованих розчинів солей, які мають підвищений осмотичний тиск; ультрафільтрування – для розчинів високомолекулярних сполук, осмотичний тиск яких невеликий, тому робочий тиск у гіперфільтрувальних апаратах складає 5 – 10 МПа, в ультрафільтрувальних апаратах – 0,3 – 1 МПа.



В практиці очищення води використовують мембранні установки з пласкими, циліндричними та іншими мембранними елементами (рис.7.18).

Рис. 7.18. Установка з циліндричним мембранним елементом:
1 – подача стічної води; 2 – мембрана; 3 – напрям фільтраційного потоку; 4 – очищена вода; 5 – корпус установки; 6 – відведення очищеної води; 7 – відведення концентрату

Для досягнення високого ступеня очищення води і для концентрування затримуваних речовин можна застосовувати багатоступінчасті установки з послідовним включенням апаратів за фільтратом або концентратом. Розрахунок гіперфільтрувальних апаратів при заданих параметрах рідини і характеристиках мембран (за проникністю і ступенем поділу) повинен проводитися за наступними етапами:

1) розробка схеми розміщення окремих гіперфільтрувальних апаратів (рис. 7.19);
2) визначення необхідної площі мембран;
3) вибір насосів необхідної продуктивності.

Для розрахунку основних параметрів мембран використовують залежності:

Національний університет
водного господарства
та природокористування

$$q_ф = BHL, \tag{7.34}$$

$$q_к = q_o - q_ф, \tag{7.35}$$

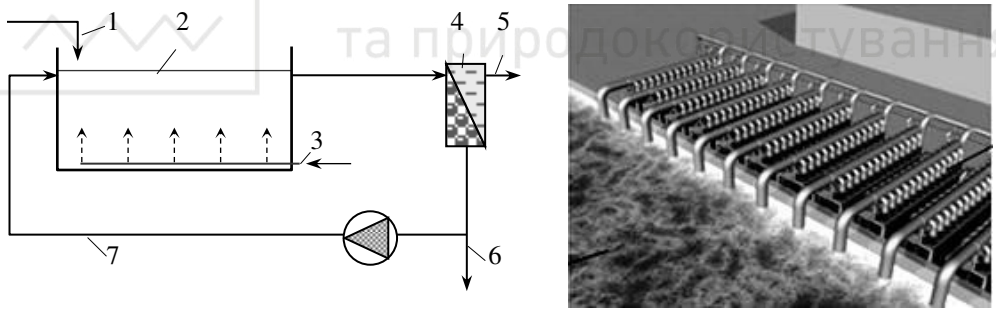
$$C_к = C\,(q_o / q_к)^R\,, \tag{7.36}$$

$$C_ф = (q_o \cdot C_o - q_к \cdot C_к) / q_ф\,, \tag{7.37}$$

$C_к$,$C_ф$ – концентрація розчинених речовин у концентраті і фільтраті г/л; L – ширина мембрани при заданій її довжині, м; R – розділяюча здатність, %; B – коефіцієнт проникності мембрани, л/(м·с·Па); H – тиск, Па; q_o, $q_ф$, $q_к$ – витрати стічної (вихідної) води фільтрату і концентрату, л/с; C – початкова концентрація, г/л.[2]

При очищенні стічних вод на поверхні мембран може утворитися осад, для видалення якого доцільно передбачити зворотну промивку мембран фільтруванням чистої води з боку дренажу в напірну камеру під тиском 0,1 – 0,02 МПа (рис. 7.20).

Національний університет
водного господарства
та природокористування



А) Б)

Рис. 7.19. Мембрани в технології біологічного очищення стічних вод:
А – технологічна схема; Б – фрагмент установки. 1 – трубопровід подачі стічної води; 2 – аеротенк; 3 – система подачі повітря; 4 – мембранна установка; 5 – очищена вода; 6 – надлишковий мул; 7 – рецикл

Зі стічних вод, що піддаються гіперфільтрувальному очищенню, повинні бути вилучені завислі речовини; при використанні мембран у вигляді порожніх волокон віддаляються завислі частки розміром 1 – 10 мкм у

[2] Питомі витрати електроенергії на 1 м^3 очищеної води (кВт/м^3) при застосуванні установок зворотного осмосу (установки МА-10…МА-35) можна визначити за виразом: $n_n = 3/q_ф^{0,5}$ ($q_ф$ – годинна продуктивність установки, м^3/год).

Національний університет
водного господарства
та природокористування

залежності від діаметра трубок, що може бути від 50 до 200 мкм. Гіперфільтрування не рекомендується застосовувати для очищення стічних вод, що містять сульфат або карбонат кальцію, що у процесі концентрування можуть утворити пересичений розчин. Випадання $CaCO_3$ може бути відвернене шляхом підкислення оброблюваної води до pH=5,5 – 6 або введення в неї поліфосфатів 20 мг/л (табл.. 7 .4).

Ефективність очищення води на мембранах за умов дотримання регламенту експлуатації є доволі високою (табл.. 7.5).

Плоскі мембрани необхідно зберігати в мокрому вигляді, тому на установці повинна бути передбачена ємність. Термін ефективної роботи мембран залежить від наявності в воді мікроорганізмів, виду органічних речовин, величини pH, температури води, робочого тиску в апаратах. За оптимальних умов мембрани можуть проробити 1 – 2 роки (температура води не вище 35 – 40°С, робочий тиск до 5 МПа).

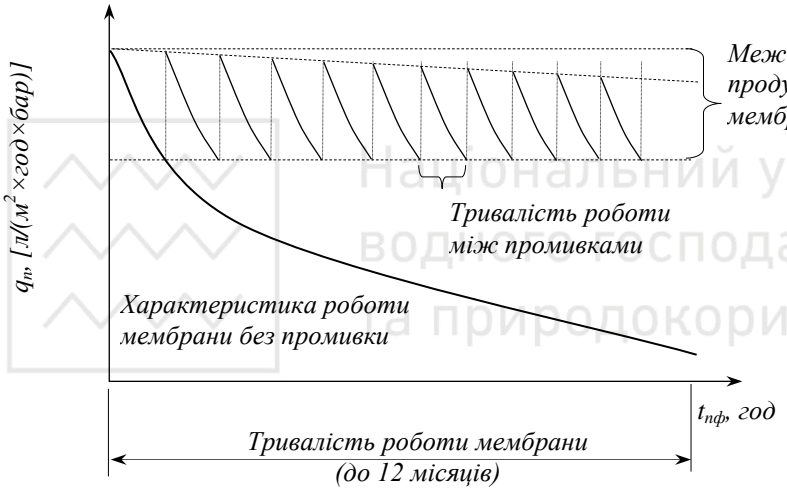


Рис. 7.20. Схема режиму роботи мембранної установки

Таблиця 7.4

Вимоги до якості стічної води

Параметр	Величина	Параметр	Величина
pH	3 – 10	Марганець (мг/л)	<0,1
Хлориди, сульфати (мг/л)	<900	Загальне мікробне число	<1
Вільний хлор (мг/л)	<0,5	*Coli*-індекс	<3
Мутність (мг/л)	<1	Магній (мг/л)	<50
Кальцій (мг/л)	<50	Твердість (мг-екв/л)	<7
Залізо (мг/л)	<0,3	Перманганатна окислюваність (мг O_2/л)	<5
Мінералізація (мг/л)	<1500		

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Таблиця 7.5

Ефективність очищення води за основними показниками

Забруднення	Ступінь очищення	Забруднення	Ступінь очищення
Твердість	98%	Бензин	99%
Цисти	99,99%	Дихлоретан	99%
Бактерії	99,99%	Пестициди	98%
Мідь	99%	Гербіциди	98%
Хром	97%	Важкі метали	99%
Свинець	99%	Залізо	99%
Барій	96%	Ціаніди	98%
Радій	80%	Сульфати	99%
Хлорбензол	99%	Органічні речовини	99,99%

7.4. Барботажні установки для доочищення стічних вод

Барботажні установки пінного флотування можна застосовувати на очисних спорудах будь-якої продуктивності для доочищення стічних вод перед скиданням їх у водойми або при повторному використанні біологічно очищених стічних вод у системах технічного водопостачання промислових підприємств. Поряд з вилученням з біологічно очищених стічних вод синтетичних поверхнево-активних речовин (СПАВ) установки пінного флотування забезпечують також зниження концентрації завислих домішок і залишкових органічних сполук. Вміст СПАВ зменшується з 2 – 8 мг/л у вихідній воді до 0,5 – 1,5 мг/л в очищеній воді, завислих речовин – на 45 – 55%, $БПК_5$ – на 50 – 60%; *ХПК* – на 55 – 65%. Оброблювана вода при цьому насичується розчиненим киснем [10].

Схема барботажної установки пінного флотування приведена на рис. 7.21. Оброблювана вода подається в верхню частину резервуару; очищена вода рухається в низхідному напрямку і з під перегородки 9 по трубопроводу 8 відводиться за межі споруди. Для барботажу рекомендується застосовувати дрібнопористі аератори – фільтросні пластини або труби – з подачею стиснутого повітря від повітропроводів очисної станції. Збір піни і одночасне її гасіння проводиться за допомогою відцентрового вентилятора. Підбор вентилятора здійснюється за годинною витратою повітря, що надходить на установки через аератори. Щоб уникнути виносу піни з флотаційного резервуара і засмоктування вентилятором зовнішнього повітря резервуар має перекриття.

Кількість рідини (пінного продукту), одержуваної після гасіння піни, складає 0,3 – 0,5% об'єму оброблюваної води. Висота розташування *h* усмоктувального патрубка відцентрового вентилятора над поверхнею води приймається в залежності від вихідного вмісту у воді СПАВ:

СПАВ, мг/л ,	2 – 3	5 – 6	7 – 8
h, см	30	40	60

При розрахунку барботажних установок пінного флотування

Національний університет водного господарства та природокористування

рекомендується виходити з наступних параметрів:

Питома витрата повітря на 1 м^3 води, м^3/м^3	3,5 – 4
Інтенсивність барботажу, м^3/(м^2×год)	35
Тривалість барботажу, хв	30
Робоча висота шару води, м	3 – 5
Витрата повітря:	
на одну фільтросну пластину, л/хв	100–120
на 1 м довжини фільтросних трубок (d=214 мм), м^3/год	10 – 20
Об'ємна маса піни, кг/м^3	2,1 – 2,6
Склад пінного продукту, г/л:	
вміст завислих речовин	1,8 – 4
БПК$_5$	2,1 – 5
ХПК	18 – 25
СПАВ	0,5 – 3
Швидкість руху піни в найбільш віддаленій від вентилятора точці, м/с	0,7

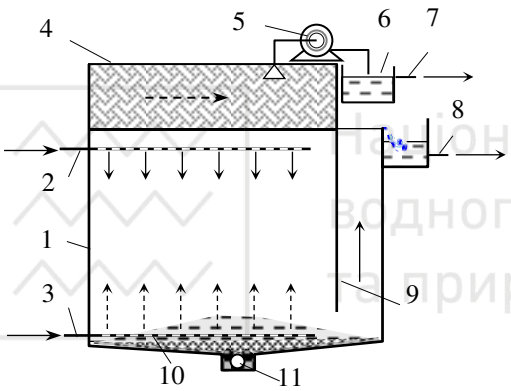


Рис. 7.21. Схема барботажної установки пінного флотування:
1 – флотаційний резервуар: 2 – подача вихідної води; 3 – подача стиснутого повітря; 4 – перекриття: 5 – відцентровий вентилятор; 6 – пінозбірник; 7 – відвід пінного продукту; 8 – відвід очищеної води; 9 – перегородка; 10 – аератори; 11 – спорожнювання флотаційного резервуара

Одержуваний пінний продукт варто обробляти разом з осадом стічних вод на вакуум-фільтрах з наступним термічним сушінням. Щоб уникнути виносу сорбованих осадом СПАВ з муловою рідиною необхідно в ущільнений або промитий збродженій осад додавати пінний продукт.

При переважному вмісті «біологічно м'яких» ПАВ і періодичному надходженні СПАВ проміжної групи пінний продукт може бути оброблений шляхом повернення його в аеротенки. При розрахунку аеротенків повернення пінного продукту варто враховувати за його витратою і величиною *БПК*. Концентрації СПАВ в стічній воді, що надходить в аеротенки C_a, і у воді після доочищення C визначаються за формулами

$$C_a = C_{пост} / \left(1 - D \cdot (100 - Б) / 10000\right), \qquad (7.38)$$

$$C_o = C_a \cdot (100 - Б) \cdot (100 - D) / 10000, \qquad (7.39)$$

де $C_{пост}$ – концентрація СПАВ, що надходять на станцію аерації, мг/л; Б – ефективність видалення СПАВ в процесі біологічної очищення, %; D – ефективність видалення СПАВ в процесі доочищення стічних вод в

Національний університет водного господарства та природокористування

установках пінного флотування, %.

Особливістю напірного флотування є попереднє насичення води повітрям під високим (0,3-0,5 МПа) тиском. Наступне потрапляння, підготовленої таким чином води в флотаційну камеру за атмосферного тиску супроводжується вивільненням із води дрібних пухирців розчиненого повітря та формування піни на поверхні дзеркала стоків флотаційної камери.

Барботажне флотування ведеться з флокуляцією при 30 – 50%-ній рециркуляції піни, а в окремих випадках – без флокуляції і рециркуляції; напірне флотування – із флокуляцією при 50%-ній рециркуляції стічних вод (табл..7.6).

Застосування флокуляції і рециркуляції забезпечує більш високий ефект доочищення стічних вод. На практиці використовують катіонактивні флокулянти типу ППС (полімер солі 2-метил-5-вінілпірідіну і диметилсульфату й ін).

Флотаційні установки для доочищення стічних вод складаються з двох і більше паралельно працюючих флотаційних відстійників (флотаторів), насосно-компресорної або насосної станції змішувача, реагентного господарства і приймальних резервуарів (рис. 7.22, 7.23). При барботажному флотуванні змішувач, флотатори і резервуар уловленої піни з'єднують у блок ємнісних споруд, при напірного флотування в такий блок входять змішувач і прийомні резервуари.

Змішувач включає камеру змішування (тривалість перебування стічних вод 2 хв) і камеру пластівцеутворення (тривалість перебування 3 – 5 хв). Його обладнають механічними мішалками з вертикальною віссю обертання з частотою 300 об/хв (для камери змішання) і 50 – 100 об/хв (для камери пластівцеутворення).

При барботажного флотування передбачають флотаційний відстійник прямокутної форми в плані з верхньою подачею і нижнім відводом проясненої води при низхідному напрямку руху потоку зі швидкістю 3 мм/с. Біля днища флотатора розташовують аератори (гумові перфоровані трубки) для подачі 20 – 30 $м^3$ повітря на 1 $м^2$ поверхні в 1 год при тиску 0,15 – 0,2 МПа.

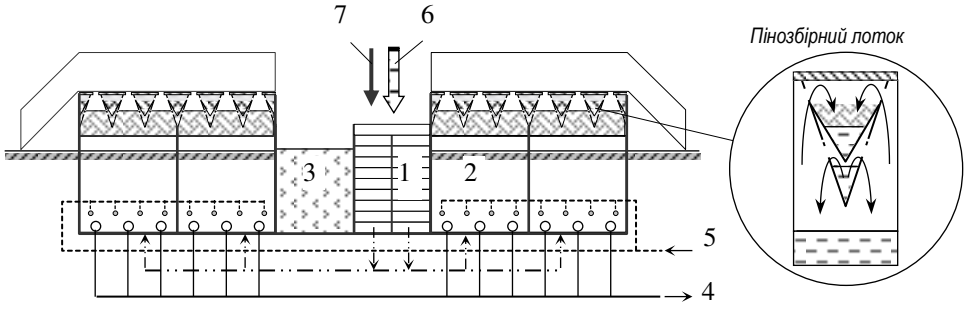


Рис. 7.22. Установка барботажного флотування:
1 – змішувач; 2 – флотатор; 3 – резервуар піни; 4 – відвід доочищених стічних вод; 5 – подача повітря; 6 – подача біологічно очищених стічних вод; 7 – подача флокулянту

Національний університет водного господарства та природокористування

Пінозбірні лотки розміщають у верхній частині флотатора над лотками стічної води. Флотатор розрахований на перебування стічної води впродовж 30 хв. Вода проходить через шар піни, частина якої рециркулює у змішувач.

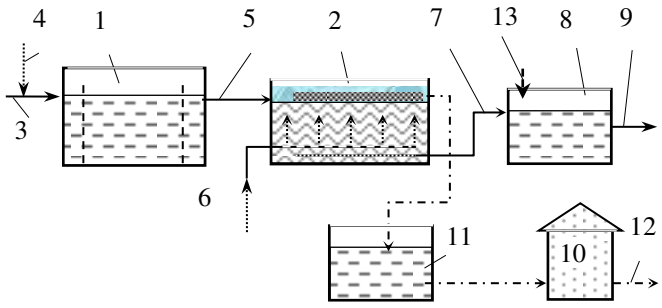


Рис. 7.23. Схема руху води і піни в установці барботажного флотування:
1 – змішувач; 2 – флотатор; 3 – подача біологічно очищених стічних вод; 4 – подача флокулянта; 5 – подача біологічно очищених стічних вод із флокулянтом зі змішувача у флотатор; 6 – подача повітря; 7 – відвід доочищених стічних вод; 8 – контактний резервуар; 9 – відвід очищеної води; 10 – насосна станція; 11 – резервуар піни; 12 – відвід піни в аеротенк; 13 – знезаражуючий реагент

Для затримки активного мулу, що виноситься з вторинних (третинних) відстійників, особливо в тих випадках, коли біологічне очищення ведеться при високих (4 – 12 г/л) дозах мулу, можна використовувати описані установки без реагентного господарства. У цьому випадку флотований мул у вигляді піни віддаляється в резервуар, звідки повертається в аеротенки. Доочищена вода знезаражується, після чого відводиться у водойму або в систему промислового водопостачання підприємств.

Таблиця 7.6

Результати доочищення біологічно очищених стічних вод флотуванням

Метод доочищення	Вміст, мг/л			
	$БПК_{повн}$	завислі речовини	ПАВ	Нафтопродуктів
	при вихідній концентрації біологічно очищених стічних вод, мг/л			
	15	15	2,6	10 – 15
Флотування барботажне з флокуляцією і рециркуляцією піни	3 – 4	3	0,3 – 0,5	3 – 4
Те ж, без флокуляції і рециркуляції піни	6	3	0,6	6 – 9
Флотування напірне з флокуляцією і рециркуляцією стічних вод	4 – 5	3	0,4	4 – 6

Для напірного флотування передбачають флотаційний відстійник звичайно круглої форми в плані з убудованою флотаційною камерою. У нижній частині камери розташовані два обертові водорозподільники: для

Національний університет водного господарства та природокористування

подачі вихідної води (верхній) і для подачі рециркуляційної води, насиченої повітрям (нижній). Флотатор розрахований на перебування в ньому стічних вод впродовж 15 – 20 хв при швидкості висхідного потоку в флотаційній камері 2 – 3 мм/с і 10 – 15 хв у відстійній зоні при швидкості низхідного потоку 1,3 мм/с. Глибина води у флотаторі 3 м (рис. 7.24).

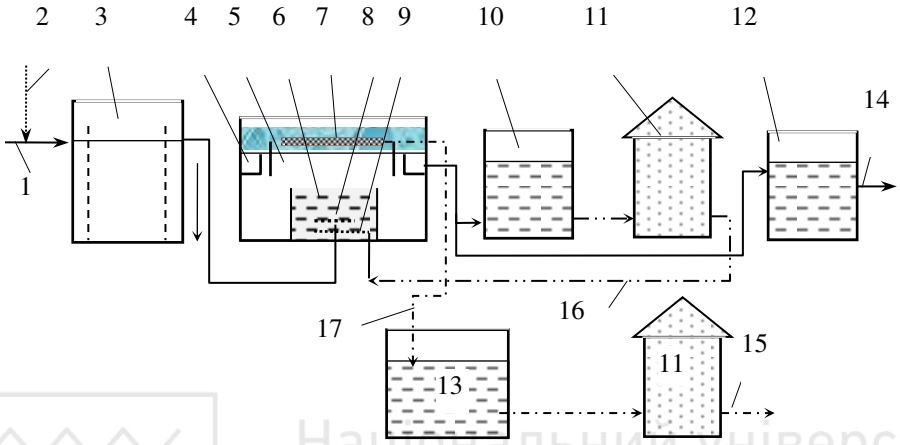


Рис. 7.24. Схеми руху води і піни в установці напірного флотування:
1 – підведення стічної води; 2 – подача флокулянта: 3 – змішувач: 4 – кільцевий водозбірний лоток; 5 – відстійна зона; 6 – флотаційна камера; 7 – пінозбірні лотки; 8 – водорозподільник стічної води; 9 – водорозподільник рециркуляційної води; 10 – резервуар ре циркуляційної води; 11 – насосна станція; 12 – контактний резервуар; 13 – резервуар піни; 14 – відвід води; 15 – відвід флотованої піни в первинні відстійники; 16 – подача рециркуляційної води; 17 – відвід піни

7.5. Коагуляційні і сорбційні установки для доочищення стічних вод від важкоокислюваних домішок

7.5.1 Коагулювання в схемах доочищення стічних вод

Застосування мінеральних коагулянтів забезпечує доочищення біологічно очищених стічних вод від крупнодисперсних, колоїдних забруднень, розчинених високомолекулярних органічних речовин (СПАВ, детергенти й ін.), фосфатів, фторидів (табл..7.7) [11,18]. При додаванні до мінеральних коагулянтів флокулянтів – органічних полімерів у малих дозах (до 1,5 мг/л) – підвищується ефективність коагуляції внаслідок укрупнення пластівців суспензії. Використання поліелектролітів у концентрації 10 – 20 мг/л забезпечує той же ефект доочищення, що і при застосуванні мінеральних коагулянтів, крім вилучення фосфатів і фторидів.

Коагуляційні установки складаються зі змішувачів і споруд для прояснювання води (відстійники, фільтри, флотатори або прояснювачі). При необхідності створення пластівців перед спорудами прояснення передбачають камеру пластівцеутворення. Тривалість перебування води в змішувачі 0,5 – 2 хв, у камері пластівцеутворення – 20 – 30 хв.

Національний університет водного господарства та природокористування

Таблиця 7.7

Дози реагентів і ефект доочищення стічних вод

Реагент	Доза реагенту, мг/л	Параметри якості води		*pH*
		Показники	Ефект очищення, %	
$Al_2(SO_4)_3$	1 – 2 Al^{3+}	Завислі речовини	98 – 100	6,7 – 7,5
$Fe_2(SO_4)_3$	4 – 7 Fe^{3}+	*ХПК*	24 – 40	6,7 – 7,5
або		*БПК*	20 – 40	
$FeCl_3$		$PO^{3+}{}_4$	25 – 50	
		Мікроорганізми	25 – 90	
		СПАВ	35 – 40	
		Кольоровість	50	
$Al_2(SO_4)_3$	1 – 2 Al^{3+}	Завислі речовини	98 – 100	6,7 – 7,5
$Al_2(SO_4)_3$	30 – 35 Al^{3+}	Завислі речовини	60 – 80	6,2 – 6,5
$Fe_2(SO_4)_3$	70 – 85 Fe^{3+}	*ХПК*	25 – 40	
		БПК	25 – 40	
		$PO^{3+}{}_4$	80 – 96	
		Мікроорганізми	–	
		СПАВ	35 – 40	
$Ca\ (OH)_2$	400 – 500 CaO	*ХПК*	30 – 40	11 – 11,5
		$PO^{3+}{}_4$	70 – 90	
		БПК	30	
		Кольоровість	50 – 60	
		Мікроорганізми	30 – 80	
Катіонні органічні полімери	10 – 20	*ХПК*	25 – 40	6,5 – 7,5
		БПК	25 – 40	
		Мікроорганізми	25 – 30	

Примітки: 1. При використанні 30 – 35 мг/л Al^{3+} і 70 – 85 мг/л Fe^{3+} забезпечується зазначений максимальний ефект очищення; для одержання ефекту очищення, наприклад, у 1,5 – 2 рази меншого, доза коагулянту Al^{3+} або Fe^{3+} перед відстійниками може бути знижена до 15 мг/л.

2. Високий ступінь витягу фосфатів забезпечується при співвідношенні *Al:P*=3:4 або *Fe : P*=2,4 – 2,7.

3. Застосування $FeSO_4$ при *pH*=12 забезпечує той же ефект очищення, що і $Fe_2(SO_4)_3$ при *pH* – 6 – 6,5.

7.5.2. Сорбційні установки

Сорбційне доочищення біологічно очищених стічних вод активним вугіллям застосовується перед повторним їх використанням для іригаційних, технологічних і інших потреб, перед вузлом знесолення або деамонізації, а також при скиданні стоків у водойми. У процесі адсорбційного доочищення активне вугілля видаляє з води біохімічно неокислені органічні речовини, мікрокількості іонів важких металів, радіоактивних ізотопів, хлориду ртуті, солей срібла, хлориду золота, залишковий хлор, бактеріальні і інші забруднення [10].

Марку активного вугілля вибирають з урахуванням структури пор, міцності, зольності, *pH* водної витяжки, насипної щільності і фракційного складу.

За фракційним складом вугілля промислового виготовлення

Національний університет водного господарства та природокористування

класифікуються на два типи: гранульовані (розміри часток більше 1 мм) і порошкові (розміри часток менше 0,25 мм).

При доочищенні від нафтопродуктів, ПАВ, детергентів, барвників і інших речовин з великими молекулами застосовують вугілля марок БАУ, ДАК, ОУ для зниження загального вмісту органічних речовин використовують мікропористі вугілля марок АГ-3, АГ-5, КАД.

При застосуванні вугілля міцністю на стирання менш 75% в адсорберах, системах транспортування і регенерації втрати за цикл складають більш 15%. Насипна щільність, що характеризує масу визначеного об'єму сухого вугілля при нормальному його ущільненні, обумовлює порозність щільного зернистого шару адсорбенту. При насипній щільності $\gamma_{нас}$ = 0,35 – 0,5 г/см^3 порозність вугільного фільтруючого шару близька до 50%.

Доочищення гранульованим вугіллям здійснюється в адсорберах із щільним нерухомим або рухомим зернистим шаром при безперервному фільтруванні води через вугілля.

Для доочищення великих об'ємів малоконцентрованих стічних вод застосовують фільтри з висотою вугільного фільтруючого шару 1 – 2 м. Вугілля укладають на безпровальні ґрати з ковпачковим дренажним пристроєм або на шар гравію і дрібного щебеню висотою 0,4 – 0,5 м, розташований на звичайних гратах з отворами – 10 мм і кроком 10 – 20 мм. Для перевантаження фільтрів використовують гідротранспорт.

Стічні води з *ХПК* ≥ 150 мг/л дочищаються в колонних адсорберах відкритого або напірного типу діаметром не більше 5 м, висотою не більше 12 м. Фільтруючий шар колонного адсорбера оновлюється свіжим вугіллям в умовах противотоку при швидкості висхідного потоку чистої води 3 – 4 м/год.

При доочищенні стічних вод в адсорберах з нерухомим зернистим шаром швидкість потоку води приймається 4 – 10 м/год, втрати напору при цьому складають 40 – 60% висоти фільтруючого шару. При доочищенні стічних вод з концентрацією завислих речовин більше 10 мг/л значно зростають втрати напору і погіршується якість очищення. Для забезпечення глибокого доочищення при одночасному повному використанні адсорбційної ємності вугілля в адсорберах з нерухомим фільтруючим шаром стічні води пропускають послідовно через кілька груп паралельно працюючих адсорберів. При повному використанні адсорбційної ємності вугілля в перших по ходу потоку води адсорберах їх ставлять на перевантаження і після заповнення чистим вугіллям переключають у кінець установки.

Для зменшення загальної кількості сорбенту, що завантажується в установку, і для найбільш повного використання адсорбційної ємності вугілля застосовують адсорбери з противоточним рухом води і вугільного фільтруючого шару в щільному або розширеному вигляді [10,17]. В адсорберах з рухомими щільним шаром для сорбенту (рис. 7.25) використовують вугільну фракцію більше 1 мм із $\gamma_{нас}$ = 0,4 – 0,5 г/см^3. У секційних адсорберах з розширеним шаром сорбенту застосовують вугілля фракції 0,25 – 1 мм із $\gamma_{нас}$ = 0,64 – 0,7 г/см^3.

В адсорберах з намивним шаром, виконаних у виді тканевих фільтрів з

Національний університет водного господарства та природокористування

попередньо намитим на підкладку з перліту активним вугільним порошком у кількості 2,5 – 10 кг/м^2, швидкість фільтрування приймається 2 – 4 м/год

Адсорбери з порошковим вугіллям застосовують в одноступінчатих або багатоступінчастих установках (не більше трьох ступенів) із противоточним переміщенням вугільної суспензії або з порційним уведенням чистого сорбенту масою m на кожній ступені. При визначені кількості сорбенту m за однократного його введення в оброблювану воду користуються виразом:

$$m = \frac{Q \cdot (C_o - C_{пр})}{a_{пр}}, \qquad (7.40)$$

де $a_{пр}$ – питома сорбція, г, сорбованої речовини на 1 г сорбенту; Q – кількість оброблюваної стічної води, л; C_o і $C_{пр}$ – концентрація речовини в стічній і очищеній вод, г/л; $a_{пр} \approx (0,2 – 0,5)C_{пр}$

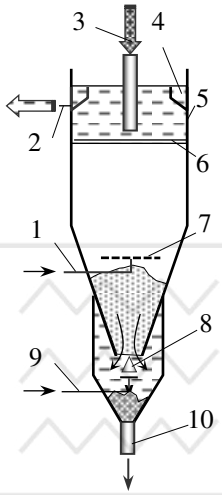


Рис. 7.25. Адсорбер із рухомим фільтруючим шаром:
1 – подача стічної води на очистку; 2 – відвід очищеної води: 3 – подача чистого вугілля: 4 – збірний лоток очищеної води; 5 – корпус адсорбера; 6 – рівень вугільного фільтруючого шару в адсорбері; 7 – розподільник стічної води; 8 – клапан вивантаження відпрацьованого вугілля; 9 – дозована подача води для вивантаження вугілля; 10 – відвід відпрацьованого вугілля

При кількості відпрацьованого вугілля 0,5 т/добу відновлення його адсорбційної ємності проводять в установках термічної регенерації.

Крім термічної регенерації вугілля може бути використана хімічна або біологічна регенерація.

7.6. Озонаторні установки для доочищення біологічно очищених виробничих стічних вод

Озонаторні установки рекомендується застосовувати в поєднанні з фільтрами, що можуть бути напірними або безнапірними (рис.7.26). В процесі доочищення біологічно очищених виробничих стічних вод на озонатор них установках вміст нафтопродуктів знижується від 10 – 15 до 2 – 3 мг/л; фенолів від 0,1 мг/л до нуля й СПАВ від 2,5 мг/л практично до слідів. Попутно $БПК_{повн}$ і вміст завислих речовин зменшується з 15 до 2 – 3 мг/л, вміст кисню підвищується до 6 – 8 мг/л [10].

Оброблена озоном стічна вода стерильна, не має запаху, кольоровості, мутності. *ХПК* не перевищує 15 мг/л. Висока реакційна здатність озону, сильна бактерицидна дія, можливість його одержання на місці з кисню повітря, відсутність в озонованій воді залишкових концентрацій озону – усе це робить озонування перспективним методом доочищення стічних вод.

Озонування проводиться в нейтральному середовищі (без підлужування).

Національний університет водного господарства та природокористування

Контакт озоноповітряної суміші з оброблюваною водою забезпечується в пристроях різного типу з тривалістю контакту 20 – 30 хв.

Оброблена озоном вода подається на фільтрування. При контакті озону з водою в напірних резервуарах вода попередньо пропускається через спеціальний резервуар для виділення непрореагованого озону. Розрахункова доза озону 2 – 4 мг на 1 мг забруднювача (нафтопродуктів, фенолів або СПАВ).

Очищена вода відводиться у водойму або використовується в системі промислового водопостачання.

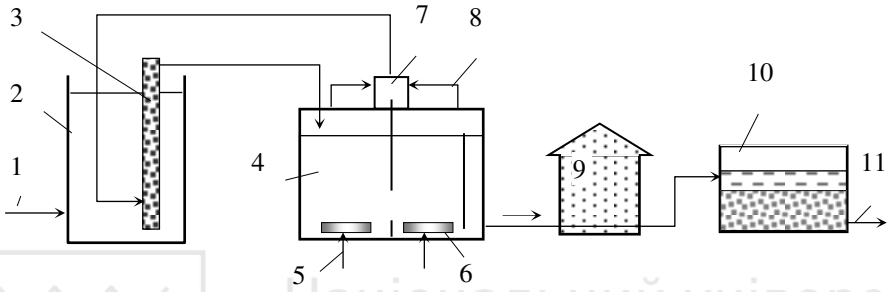


Рис. 7.26. Схема озонаторної установки:
1 – подача біологічно очищених стічних вод; 2 – приймний резервуар: 3 – ерліфт; 4 – контактні резервуари; 5 – подача озоноповітряної суміші; 6 – диспергатор; 7 – газодувка; 8 – відвід відпрацьованої озоноповітряної суміші; 9 – насосна станція; 10 – фільтри; 11 – трубопровід фільтрованої води

7.7. Очищення стічних вод від сполук азоту і фосфору

Доочищення стічних вод від сполук азоту і фосфору потрібне в тому випадку, якщо при скиді очищених стічних вод у водойми вміст цих речовин перевищує гранично припустимі концентрації, що може становити небезпеку евтрофікації водойм або біологічного обростання в системах оборотного водопостачання.

В даний час очищенню піддають в основному промислові стічні води з високою концентрацією вмісту азоту – 100 мг/л. Вартість очищення води від сполук азоту значно вища, ніж вартість очищення води від сполук фосфору, тому при скиді у водойми побутових стічних вод доцільно видаляти з них сполуки фосфору, унаслідок чого порушується природний баланс між вуглецем, азотом і фосфором і, як показують дослідження, призупиняється процес евтрофікації.

7.7.1. Установки для видалення з води сполук фосфору

У стічних водах фосфор зустрічається у вигляді ортофосфатів, поліфосфатів і фосформістких органічних сполук. В біологічно очищених стічних водах фосфор присутній в основному у вигляді ортофосфатів. Для вилучення

Національний університет водного господарства та природокористування

фосфору зі стічних вод можуть бути використані фізико-хімічні, хімічні і біологічні методи, а також комбінації цих методів. Найбільшого поширення набув реагентний метод очищення стічних вод від ортофосфатів шляхом виділення їх у вигляді нерозчинних солей кальцію, заліза, алюмінію, наприклад:

$$Al^{3+}+PO^{3-}_4 \rightarrow AlPO_4\downarrow. \qquad (7.41)$$

У залежності від необхідного ступеня очищення стічних вод від ортофосфатів на різних ступенях очищення можуть бути прийняті різні дози сірчанокислого алюмінію (рис. 7.27).

Для осадження фосфору можна також використовувати солі двовалентного Fe^{2+} і тривалентного Fe^{3+} заліза. Необхідна доза Fe^{3+} перевищує стехиометричну в 1,3 – 1,5 рази.

Повнота осадження фосфатів залежить від величини *pH*. При використанні реагентів *pH* стічних вод знижується в результаті часткової нейтралізації вільних лугів. При застосуванні Fe^{3+} для осадження фосфатів оптимальна величина *pH* повинна бути 4,5 – 5. Однак досить високий ступінь видалення фосфору може бути забезпечений при більш високому *pH*. При використанні Fe^{2+} оптимальне значення *pH* дорівнює 7 – 8. При застосуванні відпрацьованих травильних розчинів, щоб уникнути підкислення стічних вод, необхідно додавати вапно або їдкий натр.

Для очищення стічних вод від фосфору витрата вапна складає 150 – 400 мг/л у перерахуванні на *CaO*.

$$3PO^3_4+5Ca^{2+}+OH^- \rightarrow Ca_5(OH)(PO_4)_3\downarrow. \qquad (7.42)$$

Для різних за складом стічних вод необхідно проводити пробну коагуляцію для уточнення дози реагенту, що виконує функції – хімічного осадження фосфору і видалення колоїдів усіх виглядів з води в результаті коагуляції. Реагенти можна вводити перед первинними відстійниками, в аеротенки (найбільше доцільно) або на стадії третинного очищення.

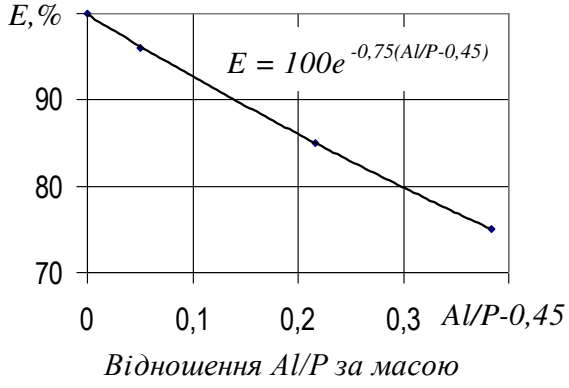


Рис. 7.27. Залежність ефективності вилучення фосфору із стічних вод від дози сірчанокислого алюмінію (1,38≤*Al:P*≤2,3)

Ефект видалення фосфору в первинних відстійниках без коагуляції складає 8 – 10%. При додаванні коагулянту і флокулянту ефект видалення фосфору

Національний університет водного господарства та природокористування

підвищується до 70 – 80%, завислих речовин з 40 – 50 до 60 – 75%, величина *БПК* знижується з 25 – 40 до 40 – 60%, загальна маса осаду зростає на 24%.

Унаслідок того, що в стічній воді не весь фосфор знаходиться у вигляді ортофосфатів, тобто в легко осаджуваній формі, при введенні реагентів на стадії механічного очищення у воді залишаються розчинені фосфорвміщуючі органічні сполуки.

При введенні реагентів на стадії біологічного очищення фосфор видаляється в результаті утворення нерозчинних його сполук, мікробіальної асиміляції фосфору і наступного його осадження разом з надлишковим активним мулом. Максимальний ефект видалення фосфору цим методом складає 90 – 95%. Незалежно від коливання концентрації фосфору на вході ефект зниження стабільний. Подача Fe^{2+} проводиться перед аеротенком. При цьому потрібно частково збільшувати інтенсивність аерації; $A1^{3+}$ зазвичай вводять наприкінці аеротенка або в потік мулової суміші, що надходить у вторинні відстійники; Fe^{3+} можна подавати на початку або наприкінці аеротенка. При введенні реагентів на стадії біологічної очищення незначно збільшується об'єм надлишкового мулу, що краще збезводнюється й ущільнюється.

Після біологічного очищення фосфор у стічних водах знаходиться тільки у формі ортофосфатів, що дозволяє видаляти його на спорудах третинної очищення на 90%. При цьому потрібні менші дози реагентів (у порівнянні з первинними відстійниками й аеротенками приблизно на 20 – 30%), але ускладнюється експлуатація установок. На стадії третинного очищення для виділення продуктів коагуляції можуть бути використані флотатори, прояснювачі і фільтри

При обробці біологічно очищених стічних вод вапном осад варто видаляти в прояснювачах, перед якими влаштовують камери реакції і резервуари для флокуляції. При використанні сірчанокислого алюмінію і сірчанокислого заліза для затримки осаду можна застосовувати фільтри і флотатори. Більш високий ефект нерозчинних сполук фосфору досягається в барботажних флотаторах.

7.7.2. Установки для доочищення води від сполук азоту

У біологічно очищених стічних водах азот знаходиться у формі нітритів, нітратів і солей амонію. У побутових стічних водах у перерахуванні на азот міститься 15 – 50 мг/л азотвміщуючих речовин. При механічному очищенні побутових стічних вод у відстійниках концентрація азоту знижується в середньому на 8 – 10%, при біологічному очищенні в аеротенках – на 35 – 50%, при доочищені на спорудах, зазначених у табл. 7.8, 7.9, концентрацію азоту можна знизити на 90 – 99% [10].

Для очищення стічних вод від азоту можуть бути використані фізико-хімічні (віддування аміаку, іонний обмін, адсорбція активним вугіллям з попереднім хлоруванням, електроліз, озонування, хімічне відновлення, демінералізація – зворотний осмос, електродіаліз, дистиляція) і біологічні

Національний університет водного господарства та природокористування

(нітрифікація, денітрифікація) методи.

Таблиця 7.8

Ефект видалення сполук азоту при доочищені стічних вод фізико-хімічними методами

Метод доочищення	Видалення азоту, %			
	Органічного	Амонійного	Нітратного	Загального
Віддування повітрям		60 – 98	нв	50 – 90
Хлорування	–	80 – 100	–	80 – 95
Адсорбція активним вугіллям	50 – 30	нв	нв	нв
Те ж, з попереднім хлоруванням	–	80 – 100	–	80 – 95
Іонний обмін:				
- синтетичними смолами	80 – 95	85 – 98	75 – 90	70 – 95
- цеолітами	Незначно	85 – 98	нв	80 – 95
- електроліз	–	70 – 95	–	–
- озонування	–	80 – 95	–	–
- хімічне відновлення	–	–	90 – 90	–
- хімічна коагуляція вапном	30 – 70	5 – 15	нв	20 – 30
Демінералізація				
- дистиляція	–	–	90 – 88	–
- електродіаліз	100	40	40	35 – 45
- зворотний осмос	60 – 100	60 – 85	50 – 85	80 – 90

Примітка: нв – видалення не відбувається

Таблиця 7.9.

Ефект видалення сполук азоту при доочищенні стічних вод біологічними методами

Метод доочищення	Видалення азоту, %			
	органічного	амонійного	нітратного	загальн.
Нітрифікація	Видалення не відбувається	Тільки окислювання до нітратів	Видалення не відбувається	5 – 10
Денітрифікація	Те ж	Видалення не відбувається	80 – 98	70 – 93
Ґрунтова фільтрація	Окислювання до амонійного азоту	Тільки окислювання до нітратів	Видалення не відбувається	40 – 90
Окисні ставки зі штучною аерацією	Часткове окислювання до амонійного азоту	Часткове видалення віддуванням	Часткове видалення при нітрифікації і денітрифікації	20 – 90
Асиміляція водоростями	Часткове окислювання до амонійного азоту	Часткове засвоєння клітками	Часткове засвоєння клітками	–
Асиміляція бактеріями	Дані відсутні	40 – 70	Дані відсутні	30 – 70

Національний університет водного господарства та природокористування

Для правильного вибору методу доочищення необхідно знати кількість і форми сполук азоту (азот амонійний, загальний, нітратний і нітритний).

Стічні води, забруднені азотом, рекомендується виділяти для попереднього локального очищення методами нітрифікації і денітрифікації, віддування аміаку або іонного обміну на кліноптілоліті. Іонний обмін рекомендується використовувати при концентрації амонійного азоту у вихідній воді не більше 50 мг/л, інші методи застосовують для інших концентрацій сполук азоту.

7.7.3. Нітрифікація і денітрифікація

Нітрифікація – процес окислювання киснем повітря амонійного азоту до нітритів і нітратів, здійснюваний мікроорганізмами, що нітрифікують. На першій стадії процесу нітрифікації амоній окисляється до нітритів, на другій стадії нітрити окисляються до нітратів [10]:

$$2NH^{+}_{4} + 3O_2 = 2NO^{-}_{2} + 2H_2O + 4H^{+}, \quad (7.43)$$

$$2NO^{-}_{2} + O_2 = 2NO^{-}_{3}. \quad (7.44)$$

Для процесу нітрифікації оптимальна величина *pH* складає 7 – 9; можлива нітрифікація і при *pH* = 6 – 7.

Денітрифікація[3] – процес відновлення нітритів і нітратів до вільного азоту, що виділяється в атмосферу. Процес може бути реалізований при наявності у воді визначеної кількості органічного субстрату, що окислюється сапрофітними мікроорганізмами до C_2 і H_2O за рахунок кисню азотвміщуючих сполук. При денітрифікації забезпечується очистка стічних вод одночасно від органічних сполук, що окисляються біологічно, і від сполук азоту. Найефективніше процес денітрифікації протікає при *pH* = 7 – 7,5; при *pH* нижче 6 або вище 9 процес загальмовується.

Як органічний субстрат у процесі денітрифікації можуть бути використані будь-які органічні сполуки, що окисляються біологічно (вуглеводи, спирти, органічні кислоти, продукти розпаду білків і т.д.). Джерелом вуглецевого живлення при очищенні стічних вод методом денітрифікації можуть бути стічні води, що пройшли очищення в первинних відстійниках, а також органічні виробничі стоки, що переважно не містять азоту.

Необхідне співвідношення величини *БПК* у стічних водах до нітратного азоту приблизно дорівнює 4:1. Для процесів нітрифікації і денітрифікації можуть бути використані традиційні споруди біологічної очищення: аеротенки

3 Денітрифікація (дісиміляційна денітиріфікація) — клас мікобіологічних процесів відновлення нітратів до нітрітів і далі до газоподібних оксидів і молекулярного азоту. В результаті цих процесів азот повертається до атмосфери і стає недоступним для більшості організмів. Дисиміляційна дентіріфікация є процесом анаеробного (безкисневого) дихання, тобто використання нітратів і продуктів їх часткового відновлення замість кисню для окислення речовин (у різних мікроорганізмів як органічних, так і мінеральних) в ході метаболізму з виділенням енергії. Тому денітрифікація — процес анаеробний і пригнічується молекулярним киснем. Енергетична ефективність процесу при відновленні нітратів до молекулярного азоту складає близько 70% від дихання аероба з використанням кисню. Процес протікає постадійно: $NO_3^- \rightarrow NO_2^- \rightarrow NO \rightarrow N_2O \rightarrow N_2$

Національний університет водного господарства та природокористування

і біофільтри.

Застосовують тристадійну обробку стічних вод, або так звану систему трьох мулових культур. Для кожної стадії процесу – аерації, нітрифікації і денітрифікації є свій аеротенк, відстійник і система повернення активного мулу (рис. 7.28).

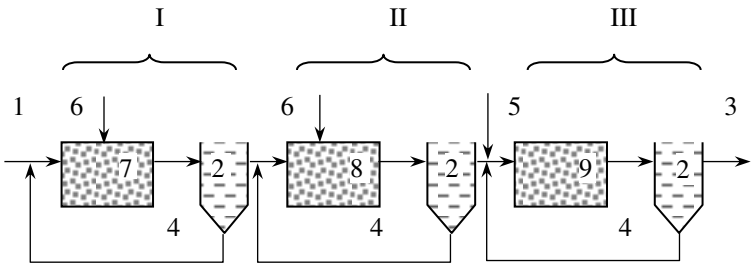


Рис. 7.28. Схема тристадійного (I, II, III) очищення води:
1 – подача вихідної води; 2 – відстійники; 3 – відвід очищеної води; 4 – поворотний мул; 5 – подача органічного субстрату; 6 – подача повітря; 7 – аеротенк біологічного очищення; 8 – нітрифікатор; 9 – денітрифікатор

При використанні аеротенків із продовженою аерацією обробка стічних вод одностадійна; вона проводиться до повної нітрифікації в одній споруді. В цьому випадку виділяється секція денітрифікації, у яку подається органічний субстрат; перемішування в ній здійснюється механічними мішалками без подачі повітря (рис. 7.29).

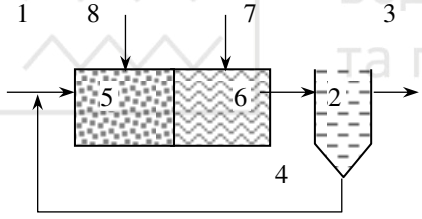


Рис. 7.29. Система одностадійного очищення води:
1 – подача вихідної води; 2 – відстійник; 3 – відвід очищеної води; 4 – поворотний мул; 5 – аеротенк продовженої аерації; 6 – зона денітрифікації; 7 – подача органічного субстрату; 8 – подача повітря

При двостадійній обробці стічних вод влаштовують аеротенк продовженої аерації окремо розташований денітрифікатор (рис. 7.30). Можливі відхилення від цієї послідовності обробки води. Так, при вмісті в стічній воді переважно нітратів доцільно спочатку передбачити зону денітрифікації, у якій органічний субстрат буде окислятися за рахунок нітратів з виділенням вільного азоту, і зону аерації для остаточного окислювання органічних речовин

Якщо в стічній воді містяться нітратний і амонійний азот при незначній кількості органічних речовин, спочатку передбачають зону нітрифікації, потім зони денітрифікації й аерації (рис. 7.31).

Для розрахунку споруд нітрифікації можна використовувати формулу

$$t_1 = \frac{N_{NH_4^+}^{поч} - N_{NH_4^+}^{кін}}{C_1 \cdot \rho_1} = \frac{А - Б}{C_1 \cdot \rho_1}, \qquad (7.45)$$

де t_1 – тривалість нітрифікації, год; А и Б – початкова і необхідна концентрації амонійного азоту, мг/л: C_1 – концентрація активного мулу, що

Національний університет
водного господарства
та природокористування

нітрифікує, за беззольною речовиною, г/л, при зольності мулу 12%; ρ_1 – питома швидкість окислювання амонійного азоту, віднесена до 1 г беззольної речовини мулу за 1 год, мг/(г-год).

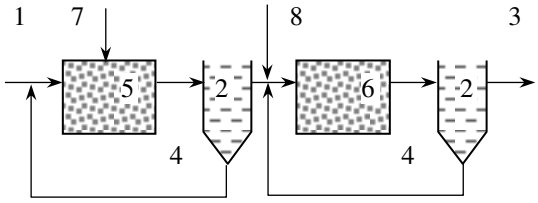


Рис. 7.30. Двостадійна система очищення води:
1 – подача вихідної води; 2 – відстійники; 3 – відвід очищеної води; 4 – поворотний мул; 5 – аеротенк-нітрифікатор; 6 – денітрифікатор; 7 – подача повітря; 8 – подача органічного субстрату

Величина ρ_1 залежить від температури води, кількості мікроорганізмів – нітрифікаторів в активному мулі, від складу стічних вод, вмісту двоокису вуглецю і т.п. В даний час немає даних, що дозволили б визначити усереднені величини ρ_1.

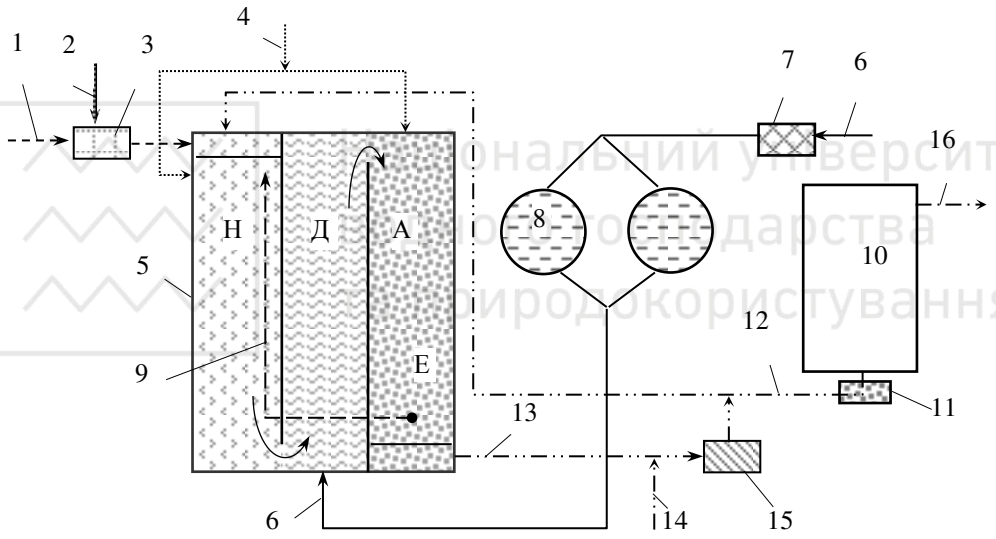


Рис. 7.31. Схема очищення виробничих стічних вод від азоту:
1 – подача усереднених азотвміщуючих стічних вод; 2 – подача реагентів (вапняного молока і суперфосфату); 3 – камера змішання; 4 – подача повітря; 5 – аеротенк із зонами нітрифікації (Н), денітрифікації (Д) і аерації (А); 6 – подача стічних вод з забрудненнями органічного походження; 7 – усереднювач; 8 – первинні відстійники стічних вод з забрудненнями органічного походження; 9 – рециркуляція за допомогою ерліфту (Е) очищеної від азоту рідини в зону нітрифікації для розведення; 10 – аеротенк побутової каналізації: 11 – мулова камера; 12 – поворотний мул; 13 – відвід суміші очищених від азоту стічних вод з активним мулом; 14 – подача мулу з вторинних відстійників побутової каналізації; 15 – мулова насосна станція; 16 – відвід очищеної води

Для побутових і близьких до них за складом стічних вод при pH = 8,2 і температурі 20° С величину ρ_1 приймають рівною:

Національний університет водного господарства та природокористування

Вміст амонійного азоту $N-NH^+_4$. мг/л	100	90	70	50	30	20	5
Питома швидкість окислювання ρ_1, мг/(г-год)	24	22,5	19,5	15,6	11	4	2,5

При інших значеннях *pH* і при тій же температурі питомі швидкості приймають з коефіцієнтом К:

pH...	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5
K...	0,14	0,28	0,48	0,73	0,95	1	0,87	0,68

Питому витрату повітря *D*, м^3/м^3, у цьому випадку визначають за формулою:

$$D = \frac{z[(L_a - L_t) + (L_a^{\text{екв}} - L_t^{\text{екв}})]}{K_1 K_2 n_1 n_2 (C_p - C_t)}, \tag{7.46}$$

де L_a – БПК$_{повн}$ вихідної стічної води, мг/л; L_t – БПК$_{повн}$ очищеної води, мг/л; z – параметр, що враховує ступінь очищення, приймається рівним 1.1; $L^{екв}{}_a$ – кількість кисню, необхідна для повного окислюванні азоту, мг/л

$$L_a^{\text{екв}} = 3{,}43\{[(N - N_{\text{орг}}) + (N - NH_4^+)] - L_a 5/100\}, \tag{7.47}$$

де $(N - N_{орг})$ – концентрація органічного азоту на вході в аеротенк, мг/л; $(N - NH^+_4)$ – концентрація амонійного азоту на вході в аеротенк, мг/л; $L^{екв}{}_t$ – кількість кисню, необхідна для окислювання амонійного і нітритного азоту до нітратного азоту $(N - NO^-_3)$:

$$L_t^{\text{екв}} = 3{,}43(N - NH_4^+). \tag{7.48}$$

Коефіцієнти K_1, K_2, n_1, n_2 приймають за СНиП. Величина $L^{екв}{}_t$ задається в залежності від припустимої в очищеній воді концентрації $N-NH^+_4$.

Споруди денітрифікації розраховують за формулою:

$$t_2 = \frac{N_{NO_3^-}^{поч} - N_{NO_3^-}^{кін}}{C_2 \cdot \rho_2} = \frac{A_2 - Б_2}{C_2 \cdot \rho_2}, \tag{7.49}$$

де t_2 – тривалість процесу денітрифікації, ч; A_2 і $Б_2$ – початкова і необхідна концентрація нітратного азоту, мг/л; C_2 – концентрація денітрифікуючого активного мулу за беззольною речовиною, г/л, при зольності мулу 30%; ρ_2 – питома швидкість відновлення нітратного азоту, віднесена до 1 г беззольної речовини мулу за 1 год, мг/(г·год).

Для денітрифікації з використанням як субстрат механічно очищених побутових стічних вод значення ρ_2 приймають рівними:

Національний університет водного господарства та природокористування

Вміст нітратного азоту N – NO_3^-, мг/л.....	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Питома швидкість окислювання ρ_2, мг/(г×год) .	7,5	11,5	13,5	15	17	17,6	18,5	19	19,75	20

Для очищення стічних вод від сполук азоту можна застосовувати біологічні ставки. Найбільш ефективно біологічні ставки використовуються в південних районах, тому що концентрація азоту знижується в них і результаті нітрифікації і денітрифікації в основному в літню пору. При вихідній концентрації амонійного азоту 15 – 20 мг/л у біологічних ставках у літню пору його можна знизити на 40 – 60%, а в мілководних ставках з вищою водною рослинністю – на 70 – 90%.

Для віддування аміаку повітрям необхідно стічну воду обробляти вапном або будь-яким іншим лугом. Оброблена в такий спосіб вода подається в споруди типу градирень, що можуть бути заповнені насадками для збільшення площі аераційної поверхні контакту (рис. 7.32).

Середня витрата повітря досить значна і складає 2500 – 4000 м^3 на 1 м^3 оброблюваної води. Для запобігання забруднення повітря, аміак можна пропускати через розчин сірчаної кислоти з метою одержання 10%-ного розчину сульфату амонію або поглинати водою для одержання аміачної води. Сульфат амонію й аміачна вода можуть бути використані як добрива.

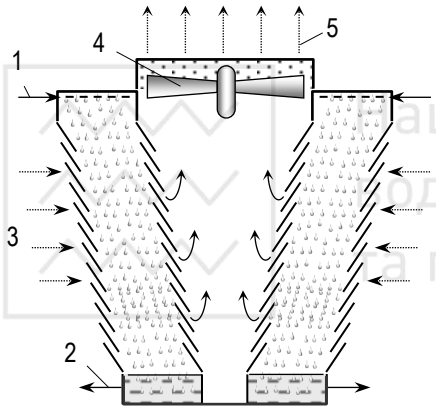


Рис. 7.32. Схема градирні для віддування аміаку повітрям
1 – подача стічних вод; 2 – відвід очищеної; води; 3 – подача повітря; 4 – вентилятор; 5 – викид відпрацьованого повітря.

7.7.4. Віддування аміаку повітрям

Іони амонію в стічній воді знаходяться в рівноважному стані з аміаком:

$$NH_4^+ \leftrightarrow NH_3 + H^+ . \qquad (7.50)$$

При *pH*>7 рівновага зрушується вправо, при цьому утвориться гідроокис амонію, що дисоціює з утворенням аміаку і води:

$$NH_4^+ + OH^- \leftrightarrow NH_4OH \leftrightarrow NH_3 \uparrow + H_2O . \qquad (7.51)$$

Найбільша кількість розчиненого у воді аміаку спостерігається при *pH* = 10 – 11,5. При пропуску повітря через розчин гідроокису амонію NH_3 видаляється разом з повітрям. Ефективність видалення NH_3 залежить від температури води. Розчинність аміаку збільшується зі зниженням температури, тому взимку ефективність його видалення складає 30 – 50%, а влітку підвищується до 98%.

Національний університет водного господарства та природокористування

7.8. Фотобіореактори для доочищення стічної води від біогенних елементів і знезараження

Видалення біогенних елементів з стічних вод здійснюється на очисних спорудах з допомогою біологічного очищення. Очищення від азоту – за допомогою процесу нітрифікації (видалення амонійного азоту) і денітрифікації (видалення нітритного та нітратного азоту), очищення від фосфору – за допомогою бактерій, що акумулюють фосфор у біомасі. Проте для забезпечення цих процесів бактеріям потрібна органічна речовина, якої не завжди достатньо в міських стічних водах. Одним із способів, що дозволяють видаляти азот і фосфор у відсутності органічної речовини, може бути застосування фотоавтотрофов, яким для створення біомаси потрібне сонячне світло на відміну бактерій, що використовують енергію органічної речовини. Найбільш продуктивними з усіх фотоавтотрофов є мікроводорості [19].

Культивування мікроводоростей давно застосовується у фармацевтичній, харчовій промисловості. Мікроводорості використовують і для біологічного очищення стічних вод рибообробних підприємств.

Переваги мікроводоростей перед іншими джерелами біомаси величезні: найвища продуктивність і здатність очищати воду від біогенних елементів та забезпечувати її знезаражування.

Спосіб знезараження, заснований на споживанні бактеріальної біомаси зоопланктонними мікроорганізмами (інфузорії коловертки, тощо), унеможливлює реактивацію хвороботворних бактерій, оскільки відбувається їх знищення, а не придушення їх метаболізму або часткове руйнування клітинних структур, як це спостерігається при застосуванні інших технологій знезаражування (обробка хлором, ультрафіолетовим опромінюванням, озоном тощо). Зоопланктонні організми завжди співіснують з мікроводоростями в реакторах «відкритого» типу.

Видовий склад фотобіореактора досить стабільний. Домінуючими видами у воді реактора з діатомових є: *Dicthyosphaerium ehrenbergianum Nag., Navicula viridula Kutz,* серед зелених: *Scenedesmus obliquus (Turp.)Kutz., Scenedesmus parvus,* серед синє-зелених: *Oscillatoria amphibia f. tenuis (Anissim.) Elenk.,* из пирофитовых: *Didymocystis lineata Korsch.,* серед евгленових: *Astasia sp* (рис.7.33).

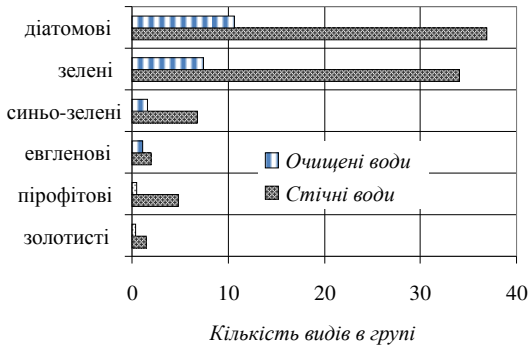


Рис. 7.33. Характеристика видового складу мікроводоростей стічної води і води фотобіореактора [19]

Доочищена в фотобіореакторі вода має достатньо високу якість, по азоту амонійному, нітритах, нітратах і фосфатах. Ефективність їх видалення

Національний університет водного господарства та природокористування

становить для азоту амонійного 34 – 48%, для азоту нітратів – 33 – 87%, для азоту нітритів – 93 – 95%, для фосфатів – 89 – 91%, для азоту сумарного – 40 – 94% [19].

Видалення форм азоту мікроводоростями відбувається завдяки асиміляції цього елементу, тоді як очищення води від фосфатів відбувається як за рахунок асиміляції, так і за рахунок хімічного видалення фосфатів. При інтенсивному споживанні CO_2 мікроводоростями відбувається підвищення *pH* доочищеної води (до 8,0 – 9,5), що призводить до утворення нерозчинних солей фосфатів. Таким чином, одночасно відбувається як біологічне, так і «опосередковане» хіміко-біологічне видалення фосфатів.

При водообміні 17 – 33% спостерігаються найвищі значення ефективності очищення від сумарного мінерального азоту (75 – 95%). Зниження ефективності видалення азоту наступає при водообміні більше третини об'єму реактора. Якщо при обміні третини обсягу за добу видаляється 75% азоту з води, що надходить в реактор, то при обміні половини обсягу – 50% азоту (рис.7.34).

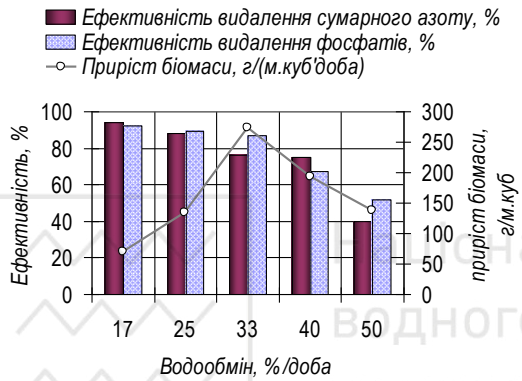


Рис. 7.34. Основні показники роботи фотобіореактори при різних режимах

Добовий водообмін в фотобіореакторі на 30% його об'єму характеризується найбільшим приростом біомаси на одиницю об'єму реактора: у середньому 250 г/(м^3/на добу) за вологою речовиною, або 50 г/(м^3/на добу) за сухою.

Доочищена вода має показники бактеріального забруднення, відповідні нормативам для стічних вод, що надходять у водойми. Знезаражуючим «агентом» є організми зоопланктону, що населяють реактор.

За час спостережень в реакторах виявлено 31 вид зоопланктону, що відносяться до 6 систематичних підрозділів: коловертки (16 видів), ветвистовусі (8 видів), віслоногі (1 вид), ракоподібні (1 вид), нематоди (1 вид), хірономіди (1вид). Домінуючими видами з максимальною біомасою (до 700 мг/м^3) і чисельністю (до 800 тис/м^3) є: рачки *Ostracoda,* коловертки *Philodina acuticornis Murray, Lecane(Monostyla) bulla Gosse, Colurella sp., Lepadella ovalis Mull., Lepadella sp., Cephalodella gibba Ehrenberg, Asplanchna priodonta Gosse* і ветвистовусі *Oxyurella tenuicaudis Sars., Alona rectangula Sars*. Саме ці види в першу чергу здійснюють знезараження води, споживаючи бактеріальну біомасу.

7.9. Іонний обмін

Для видалення амонійного азоту доцільно застосовувати природний іонообмінний матеріал – кліноптілоліт, що відноситься до класу цеолітів

Національний університет водного господарства та природокористування

(рис.7.35).

Перед очисткою на кліноптілолітових фільтрах зі стічних вод видаляють завислі речовини. Як правило, перед цими фільтрами установлюють швидкі зернисті фільтри. Обмінна ємність фільтруючого шару кліноптілоліту складає 7 г NH_4^+/кг, або 300 г×екв NH_4^+/м^3. Висота фільтруючого шару не менше 2 м, швидкість фільтрування 5 – 7 м/год. Припустима у вихідній воді концентрація амонійного азоту не повинна перевищувати 50 мг/л. Ефект видалення його на кліноптілолітових фільтрах складає 90 – 97% [3].

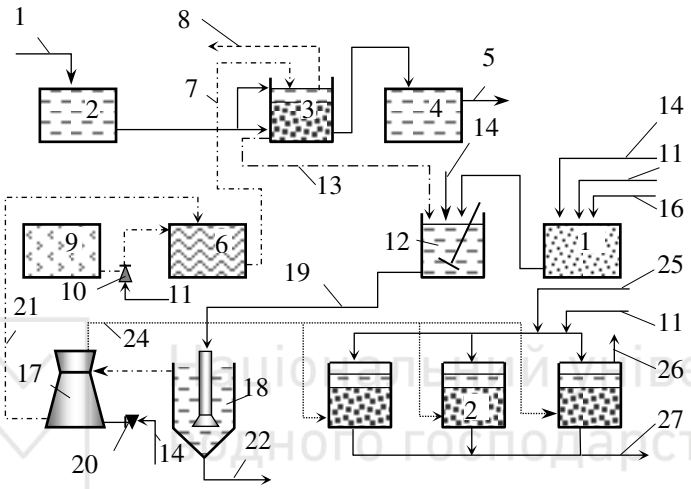


Рис. 7.35. Технологічна схема установки для очищення стічних вод від амонійного азоту на кліноптілолітових фільтрах:

1 – подача води після піщаних фільтрів; 2 – резервуар з водою після піщаних фільтрів; 3 – фільтр, завантажений кліноптілолітом; 4 – контактний резервуар; 5 – відвід очищеної води; 6 – резервуар 10%-ного розчину хлористого натрію: 7 – подача хлористого натрію на регенерацію; 8 – скид промивної води: 9 – бак для мокрого зберігання хлористого натрію; 10 – ежектор; 11 – подача водопровідної води; 12 – змішувач; 13 – подача відпрацьованого регенераційного розчину; 14 – подача повітря; 15 – резервуар 10%-ного розчину їдкого натру; 16 – подача їдкого натру: 17 – вентиляторна градирня для віддування; 18 – відстійник; 19 – подача розчину в градирню; 20 – вентилятор; 21 – подача відновленого розчину хлористого натрію; 22 – відвід осаду на зневоднювання; 23 – абсорбери; 24 – подача аміачно-повітряної суміші; 25 – подача сірчаної кислоти; 26 – відвід газу; 27 – відвід сірчанокислого амонію

Для регенерації цих фільтрів використовують 5 – 10%-ний розчин хлористого натрію, питома витрата солі 880 г/(г-екв) обмінної ємності (15 – кратний надлишок). Тривалість регенерації 1 – 1,5 год, після чого фільтруючий шар відмивається водою впродовж 1 – 2 год, питома витрата води 4 – 5 м^3/м^3 фільтруючого шару.

Відпрацьований регенераційний розчин з метою повторного його використання відновлюється віддуванням аміаку повітрям у лужному середовищі. Витрата лугу для доведення *pH* до 10,6 – 10,7 складає 8 г/(г-екв) обмінної ємності, витрата повітря для віддуванням – 4000 м^3/м^3 розчину.

Національний університет водного господарства та природокористування

Аміак, що виділяється з розчину, при контакті з розчином сірчаної кислоти утворює сульфат амонію, який може бути використаний як добриво.

7.10. Застосування ультрафіолетового опромінення, ультразвуку, гама-опромінення в технології очищення стоків

Ультрафіолетовим (*УФ*) випромінюванням називається електромагнітне випромінювання в межах довжин хвиль від 10 до 400 нм.

Опромінювання води ультрафіолетовими променями забезпечує задовільне її знезаражування. Проте така вода не повинна містити завислих речовин, колоїдів [10,23].

Для знезараження використовується «ближня область»: 200 – 400 нм. Найбільшим бактерицидну дію має електромагнітне випромінювання довжиною хвилі 200 – 315 нм (максимальна дія в області 260 ± 10 нм). У сучасних УФ-установках застосовують випромінювання з довжиною хвилі 253,7 нм.

Під впливом *УФ* випромінювання в клітинах мікроорганізмів відбуваються незворотні процеси, що викликають порушення молекулярних і міжмолекулярних зв'язків. Промені згубно впливають не тільки на вегетативні форми патогенних бактерій, які гинуть після опроміненні впродовж 1 – 2 хв, але також на стійкі до хлору спори, віруси і яйця гельмінтів. Крім того, дія ультрафіолетового випромінювання викликає порушення в структурі мембран і клітинних стінок мікроорганізмів.

УФ промені проникають через 25 см шар прозорої і безбарвної води.

Ультра фіолетові промені короткої довжини (280 – 180 нм) мають, крім біологічної, ще і сильну бактерицидну дію. Вони згубно впливають як на вегетативні форми бактерій, так і на спори, простіші й віруси. Цей метод знезаражування відносять до безреагентних, оскільки при цьому у воду не потрапляють ніякі речовини і у воді не проходить жодних змін. Знезаражування води ультрафіолетовим промінням здійснюється впродовж декількох секунд, але за умови, що вода бездоганно прозора, вільна від колоїдних частин. Тому знезаражування води ультрафіолетовим промінням можливе лише на водогонах з підземних джерел

Камера знезараження УФ установки має вигляд порожнистого металевого корпусу обладнаного підвідним і відвідним патрубками (рис.7.36). Всередині камери знезараження розташовані бактерицидні лампи. Ресурс бактерицидних ламп становить 1,5 – 2 роки. Для захисту від безпосереднього зіткнення з водою *УФ* лампи поміщені в захисні кварцові чохли. Кварцові чохли з поверхні постійно очищаються від солей і каламуті спеціальним очисним устаткуванням. На корпусі камери знезараження розташовуються прилади контролю та управління роботою установки (*УФ*-датчик, датчик наявності води, датчик температури і пристрій для випуску повітря).

Розрахунок установок для знезараження води бактерицидним випромінюванням зводиться до визначення необхідної кількості ламп (n) для створення потоку бактерицидного випромінювання, достатнього для

Національний університет
водного господарства
та природокористування

знезараження даної води[4]:

$$n = F_б / F_л, \qquad (7.52)$$

де $F_б$ – необхідний для знезараження бактерицидний потік в Вт; $F_л$ – розрахунковий бактерицидний потік, створюваний однією бактерицидною лампою після 4000 – 5000 год роботи, в Вт.



Рис. 7.36. Установка *УФ* знезаражування стічної води

Необхідний для знезараження води бактерицидний потік $F_б$ обчислюють за формулою:

$$F_б = Q \cdot a \cdot R \cdot \frac{\lg(P / P_o)}{1563 \cdot N_n \cdot N_o}, \qquad (7.53)$$

де Q – розрахункова витрата води в м^3/год; a – коефіцієнт поглинання опромінюваної води в см$^{-1}$; R – коефіцієнт опору опромінюваних бактерій у мк·Вт·с/см^2 (приймається рівним 2500); P_o – колі індекс води в одиницях на 1 л до опромінення; P – те ж, після опромінення; N_n – коефіцієнт використання бактерицидного потоку, що приймається в залежності від типу установки (для установок ОВ-АКХ-1 можна приймати близько 0,9); N_o – коефіцієнт використання бактерицидного опромінення (приймається 0,9) **.**

Кількість знешкоджених (інактивованих) мікроорганізмів зростає із збільшенням дози опромінення. Через різний опір мікроорганізмів доза ультрафіолету сильно варіюється – для бактерій малі дози; для спор і найпростіших – великі дози. При проходженні через воду *УФ*-випромінювання слабшає внаслідок ефекту поглинання і розсіювання. Для врахування цього ослаблення вводиться коефіцієнт поглинання водою, значення якого залежить від якості води, особливо від вмісту в ній заліза, марганцю, фенолу, а також від мутності води.

Знезараження *УФ*-випромінюванням рекомендується застосовувати для обробки води, що відповідає певним вимогам:

- каламутність − ≤ 2 мг/л (прозорість по шрифту 30 градусів);
- кольоровість – ≤ 20– градусів платино-кобальтовою шкали;
- вміст заліза – ≤ 1 мг/л
- колі-індекс – ≤ 10 000 шт/л.

[4] Для забезпечення якісного знезаражування води на практиці застосовують дози опромінення ≥16 мДж/см^2.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Для оперативного санітарного і технологічного контролю ефективності та надійності знезараження води ультрафіолетом, як і при хлоруванні і озонуванні, застосовується визначення бактерій кишкової палички (БГКП). Їх використання для контролю якості води, обробленої ультрафіолетом, ґрунтується на тому, що основний вид цієї групи бактерій Е-колі має один з найбільших коефіцієнтів опірності до цього впливу в загальному ряді інтеробактерій, в тому числі і патогенних.

Досвід застосування ультрафіолету показує: якщо в установці доза опромінення забезпечується не нижче певного значення, то гарантується стійкий ефект знезаражування. У світовій практиці вимоги до мінімальної дози опромінення варіюються в межах від 16 до 40 мДж/см^2.

В установках лоткового типу бактерицидні лампи розташовуються над поверхнею води, що протікає тонким шаром по дну лотка; в установках з зануреними лампами стічна вода знезаражується під час її обтікання (рис.7.37).

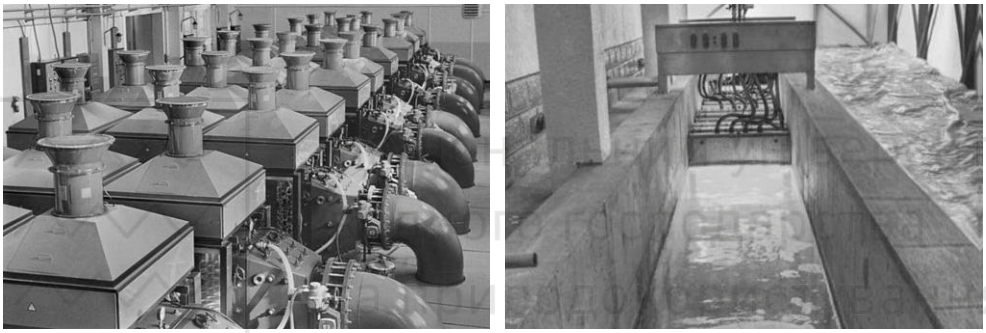


Рис. 7.37. Станції знезаражування стічних вод *УФ*:
А – станція в м. Тольятті; Б – в станція Тсю Тсен Тсяо в м. Пекін [25]

Витрата електроенергії на знезараження 1 м^3 води коливається від 10 Вт·год для чистих артезіанських вод до 120 Вт·год для більш забруднених. При застосуванні технології ультрафіолетової обробки води, на відміну від застосування технології хлорування і озонування, зникає небезпека передозування ультрафіолетового опромінювання.

Знезараження води ультразвуком. Бактерицидна дія ультразвуку пояснюється, в основному, механічним руйнуванням клітинної оболонки бактерій в ультразвуковому полі. При цьому бактерицидний ефект пов'язаний з інтенсивністю ультразвукових коливань, не залежить від каламутності (до 50 мг/л) і кольоровості води. Ефект знезаражування поширюється не тільки на вегетативні, але і на спорові форми мікроорганізмів.

Для отримання необхідних для знезараження води ультразвукових коливань використовують п'єзоелектричні і магнітострікційні пристрої. Бактерицидний ефект досягається при інтенсивності ультразвуку 2 Вт/см^2 з частотою 48 кГц. Тривалість знезаражуючої дії ультразвуку триває секунди.

При дії ультразвуку впродовж 5 секунд гине більшість мікроорганізмів. Дія ультразвуку не змінює хімічного складу, смаку і запаху води. Суть методу

Національний університет водного господарства та природокористування

полягає в тому, що вібратор перетворює електричні коливання в ультразвукові. Під впливом ультразвукових хвиль гинуть тваринні й рослинні клітини, простіші й мікроорганізми. Ефект дії залежить від інтенсивності ультразвукових коливань і морфологічних особливостей об'єктів. Обробка тонкого шару води впродовж 1 – 2 хвилин викликає загибель 95 % кишкових паличок та інших мікроорганізмів.

Знезараження води вакуумом передбачає знезараження бактерій і вірусів зниженим тиском. Оптимальним режимом обробки є температура 20 – 60°С і тиск 2,2 – 13,3 кПа. При цьому повний бактерицидний ефект може бути досягнутий за 15 – 20 хв.

Радіаційне знезараження води (іонізуюче випромінювання) – обробка води короткохвильовим рентгенівським і γ-опроміненням (потік високоенергетичних заряджених часток – електрони, протони, дейтрони, α-частинки, швидкі нейтрони). Взаємодіючи з електронними оболонками атомів і молекул середовища, потік високоенергетичних заряджених часток передає їм частину своєї енергії, зумовлюючи іонізацію молекул. Електрони, що звільнилися при цьому, як правило, мають значну енергію, яка витрачається на іонізацію ще декількох молекул води.

Іонізуюче випромінювання є потужним безреагентним чинником, дія якого призводить до загибелі наявних в опромінюваній воді хвороботворних мікроорганізмів і її знезараження. Первинні продукти радіолізу води порушують обмін речовин в бактерійній клітині.

Перша у світі промислова установка, в якій використовувалася радіаційна обробка, була введена в експлуатацію в Палмдейлі (США, штат Флоріда) в 1970 р. і використовувалася для очищення побутових стічних вод. Метою роботи установки потужністю 26 м^3/доб було отримання із стічних вод питної води. Радіаційна обробка проводилася у присутності кисню в суміші з озоном.

Згідно з опублікованими даними, очисна установка забезпечує дуже високу ступінь очищення води. При цьому досягається зниження кількості бактерій coli, каламутності і залишкового хлору – на 100 %, *ХПК* на – 98,6 %, загального органічного вуглецю – на 97 %, завислих речовин – на 99,7 %, загального азоту – на 97 % і амонію – на 100 %.

Проте, враховуючи забруднення водних об'єктів специфічними техногенними речовинами і з інших причин, практичного поширення набувають комбіновані методи, коли радіаційна обробка води використовується спільно з традиційними методами знезараження (хлоруванням або озонуванням).

7. 11. Обробка стічної води плазмою газового розряду

Одним з перспективних методів очищення сильнозабруднених стічних вод є методи, засновані на плазмохімічних процесах в рідинногазових середовищах.

Метод очищення та знезараження стічних вод різного походження плазмою комбінованого газового розряду супроводжується одночасним впливом на

Національний університет водного господарства та природокористування

воду всієї сукупності факторів плазми комбінованого газового розряду, у тому числі світлового випромінювання в інфрачервоній (*ІЧ*-), видимій та *УФ*-областях спектра, радіочастотного випромінювання, ударних акустичних хвиль, потоку заряджених частинок, і, крім того, додатково змінного або постійного магнітного поля.

Суть обробки забрудненої води плазмою газового розряду в реакторі: на тонку плівку (завтовшки 0,3 – 1,5 мм) забрудненої води, що стікає по вертикальній стінці електрода (катода або анода), впливають плазмою газового розряду в умовах відносного вакууму (20 – 300 мм.рт.ст.). В якості газових розрядів застосовуються несамостійний тліючий або комбінований розряди. Частота імпульсів розряду може змінюватися від одиниць герц до 5 кГц, робоча напруга становить від 350 В до 2 кВ в залежності від властивостей оброблюваної води і ступеня її забруднення. Максимальний середній струм в одному реакторі не перевищує 18 ампер (рис.7.38).

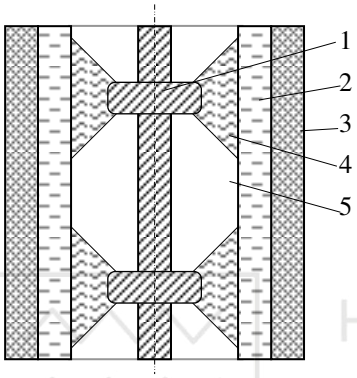


Рис. 7.38. Схема обробки забрудненої води плазмою газового розряду [26]:
1 – анод (катод); 2 – вода; 3 – катод (анод); 4 – зона розряду; 5 – відносний вакуум

Одночасний вплив усіх факторів комбінованого газового розряду на забруднену воду створює в області взаємодії води та плазми умови для протікання хімічних реакцій та фізичних процесів, що призводять до очищення та знезараження води. У їх числі такі реакції, як окислення, відновлення і гідратація, хімічна взаємодія домішок, ящо містяться у воді, з продуктами комбінованого газового розряду – взаємодія з випромінюванням у радіочастотному, інфрачервоному, ультрафіолетовому та видимому діапазонах; взаємодія з ударними акустичними хвилями; взаємодія з потоком заряджених частинок. Забруднюючі речовини в результаті взаємодії забрудненої води з плазмою комбінованого газового розряду істотно змінюють свої фізико-хімічні властивості. Щойно утворені структури домішок характеризуються відносною нешкідливістю і можуть бути легко видалені відстоюванням, фільтруванням тощо. Бактерії, віруси, міцелії повністю дезактивуються, а їхні останки руйнуються.

Технологія холодної плазмової обробки стоків при атмосферному тиску дозволяє очищати стічні води від широкого спектру забруднювачів проте, в практиці очищення стічних вод поки що не набула поширення.

7.12. Споруди для глибокого очищення стічних вод

У тих випадках, коли ефективність очищення стічних вод, що досягається на біологічних очисних спорудах, недостатня, застосовується глибоке очищення (доочищення). З урахуванням сучасних вимог доочищати стічні

Національний університет водного господарства та природокористування

води необхідно не тільки від органічних і завислих речовин, але і від біогенних і поверхнево-активних речовин. Для малих витрат стічних вод можуть застосовуватися природні методи доочищення - в біологічних ставках, або штучні методи - на фільтрах з інертним або активним зернистим фільтруючим матеріалом, на сітчастих барабанних сітках і на мікрофільтрах.

7.12.1. Доочищення стічних вод в біологічних ставках

Біологічні ставки ділять на біоставки з природною аерацією і біоставки зі штучною аерацією. У ставках з природною аерацією кисень надходить через відкриту поверхню води, глибина ставка повинна бути не більшою від 1 м. Штучна аерація в біоставках здійснюється подачею стисненого повітря через дірчасті труби або за допомогою механічних аераторів, глибина ставка в цьому випадку може бути збільшена до 3,5 м (пропускна здатність 12 ... 1400 $м^3$/доб) [10,24].

$БПК_{повн}$ стічних вод, що направляються на доочищення в біоставки з природною аерацією, не повинно бути більше 25 мг/л, для ставків зі штучною аерацією - не більше 50 мг/л.

У теплий період року *БПК* очищених в біоставках стоків зменшується до 5-6 мг/л, а вміст завислих речовин - до 15-30 мг/л. У холодну пору року *БПК* може знижуватися до 3-4 мг/л, а вміст завислих речовин - до 10 мг/л.

Варто передбачати декілька ставків, які складаються не менше ніж з трьох секцій. Для зниження вмісту біогенних елементів (азот і фосфор) в очищеній воді рекомендується розводити вищу водну рослинність - очерет, рогіз тощо.

7.12.2. Доочищення стічних вод на механічних фільтрах

При відсутності земельних ділянок для влаштування біологічних ставків та обмеження їх застосування за гідрогеологічними, кліматичними і іншими місцевими умовами можна доочищення стічних вод здійснювати на зернистих фільтрах. Для цих цілей застосовують фільтри наступних конструкцій: одношарові, двошарові і каркасно-засипні (КЗФ), фільтри з плаваючим фільтруючим шаром. В якості фільтруючого шару використовують кварцовий пісок, гравій, гранітний щебінь, гранульований доменний шлак, антрацит, керамзит, полімери, а також інші зернисті матеріали, що характеризуються необхідними технологічними властивостями і хімічною міцністю [1,3,13].

Фільтри проектуються з урахуванням нормативних вимог на мінімальні годинні витрати з урахуванням допустимої нерівномірності надходження стічних вод, що дорівнює 15%. Для запобігання біообростання фільтрів із зернистим шаром у стоки вводять хлор з дозою до 2 мг/л. Крім цього, повинна здійснюватися періодична обробка фільтрів (2 ... 3 рази на рік) хлорною водою з вмістом хлору до 150 мг/л при тривалості контакту 24 години.

Наявні установки з доочищення стічних вод на піщаних фільтрах призначені для стічних вод, що мають $БПК_{повн}$ в межах 20-25 мг/л, зі зниженням $БПК_{повн}$ до 6-8 мг/л і вмісту завислих речовин до 4-6 мг/л. Для доочищення стічних вод малих поселень фільтри виконують у вигляді

Національний університет водного господарства та природокористування

сталевих циліндрів діаметром 1,5-3,2 м і висотою 4 м. Фільтр завантажений грубозернистим піском (крупністю 2 мм) і має дренажну систему, розташовану в гравійних шарах. Напрямок фільтрування - зверху вниз, промивка фільтрів - водоповітряна. Для промивання використовують очищені стічні води. До складу споруд доочищення входять будівля, в якій розташовуються фільтри, приймальний резервуар, резервуари промивної води, насосна станція промивних насосів [3,8].

З метою запобігання замулювання зернистих фільтрів (крім КЗФ) перед ними зазвичай встановлюють сітчасті барабанні фільтри, які в цьому випадку називаються барабанними сітками. Вміст завислих речовин в біологічно очищеній стічній воді перед барабанними сітками не повинен перевищувати 250 мг/л; в ній мають бути відсутні речовини, що утруднюють промивку сітки (смоли, жири, масла, нафтопродукти тощо). Ефективність затримання завислих речовин на барабанних сітках становить 20...25% і 5...10% $БПК_{повн}$. Барабанні сітки повинні промиватися 8 ... 12 разів на добу водою, що пройшла сітки, впродовж 5 хвилин з витратою 0,3...0,5% від розрахункової продуктивності.

Сітчасті барабанні фільтри можуть використовуватися і як самостійні споруди глибокого очищення, в цьому випадку вони називаються мікрофільтрами (продуктивність 50 і 200 $м_3$/добу). Ефективність очищення при подачі на них біологічно оброблених стічних вод становить за $БПК_5$ 20...30%, а за завислими речовинам - 65 ... 70%.

Експлуатація фільтрів з фільтруючим шаром з мінеральних матеріалів виявила ряд загальних для них недоліків: складність промивання й великі енерговитрати на нього, трудомісткість і складність засипки в корпус фільтра та вивантаження з нього фільтруючого шару, необхідність установки перед фільтрами барабанних сіток (крім КЗФ). Зазначені недоліки можна усунути, застосовуючи легкі плаваючі фільтруючі шари з пінополістиролу марки ПСВ. Цей матеріал має малу насипну щільність (30...150 кг/$м^3$) і відповідає всім вимогам, що пред'являються до фільтруючих шарів. На сьогодні створено значну кількість конструкцій таких фільтрів. Вміст завислих речовин в відфільтрованої воді становить 3...5 мг/л, $БПК_{повн}$ - 3...7 мг / л [3].

7.12.3. Знезараження стічних вод хлором

Знезараження (дезінфекція) стічних вод проводиться з метою знищення патогенних мікроорганізмів, що містяться в них, і запобігання забруднення приймача очищених стічних вод. Серед відомих методів найбільш широке практичне застосування одержало хлорування хлорним вапном $CaOC1_2$, рідким хлором Cl_2, електролітично одержуваним гіпохлоритом натрію $NaClO$ і шляхом прямого електролізу [10].

При розчиненні цих речовин у воді відбувається утворення активного хлору - комплексу хімічних сполук хлору, з яких найбільш активними є хлорнуватиста кислота $HClO$ і гіпохлорит-іон ClO^-.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

В якості непрямого санітарно-бактеріологічного показника фекального забруднення води використовують кількість у воді кишкових паличок *Coli*. Колі-індекс - число кишкових паличок в 1 літрі води, колі-титр - найменший об'єм води в мл, в якому міститься 1 кишкова паличка.

Розрахункову дозу активного хлору (г/м^3), відповідно до вимог [10] слід приймати:

- після механічного очищення 10
- після неповного біологічного очищення 5
- після повного біологічного, фізико-хімічного і глибокого очищення 3

Бактерицидна ефективність знезаражуючої дії хлору і хлоровмісних сполук знаходиться в прямій залежності від тривалості контакту, зростаючи зі збільшенням тривалості дії хлору. Тривалість взаємодії хлору зі стічною водою в контактному резервуарі або відвідних лотках і трубопроводах слід приймати не менше 30 хвилин.

У кожному конкретному випадку доза активного хлору уточнюється в процесі експлуатації. При цьому кількість залишкового хлору в знезараженій воді після контакту не повинна перевищувати 1,5 г/м^3, а колі-індекс[5] - не більше 1000.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Контрольні питання

1. Основні методи, поширені в практиці доочищення стічних вод та область їх застосування.
2. Основні фактори впливу на ефективність процесу доочищення стічних вод.
3. Основні технічні рішення, поширенні в практиці доочищення стічних вод та області їх застосування.
4. Склад домішок, що підлягають вилученню під час доочищення стічних вод.
5. Фізична суть диференційного рівняння, що описує процес фільтрування суспензії через товщу зернистого шару.
6. Аналіз просторового зображення процесу фільтрування води через товщу зернистого матеріалу.
7. Основні фактори, які впливають на зміну втрат напору в товщі зернистого шару під час фільтрування чистої та забрудненої води.
8. Суть процесу промивки фільтруючого шару.
9. Основні фактори, які впливають на процес розширення зернистого фільтруючого шару під час його промивки.
10. Типи конструкцій зернистих фільтрів, які застосовуються в схемах доочищення стічних вод та особливості їх роботи.
11. Особливості роботи фільтрів з плаваючим фільтруючим шаром в схемах доочищення стічних вод.
12. Вплив на якість доочищення стічних вод властивостей зернистого матеріалу.

[5] Колі-індекс - кількісний показник бактеріологічного забруднення води і харчових продуктів; визначається кількістю бактерій групи кишкової палички - Escherichia coli - в 1 л або 1 кг субстрату. Так, вода для купання вважається чистою, якщо К.І. знаходиться в межах від 0 до 10 (слабозабруднена - від 11 до 100, забруднена - від 101 до 1000, сильнозабруднена - від 1001 до 10000)

Національний університет водного господарства та природокористування

13. Особливості роботи радіальних фільтрів і фільтрів, що працюють з рухомим фільтруючим шаром.
14. Схеми станції доочищення стічних вод, основні споруди та їх призначення.
15. Значення основних технологічних і конструктивних параметрів зернистих фільтрів, призначених для доочищення стічних вод.
16. Пласкі пористі перетинки в схемах доочищення стічних вод.
17. Діапазон розмірів частинок, які можуть затримуватися на пористих перетинках під час доочищення стічних вод.
18. Барабанні сітки в схемах доочищення стічних вод.
19. Мікрофільтри: конструктивні особливості та умови застосування.
20. Мембранні установки: конструктивні особливості, технологічні параметри та умови роботи.
21. Технічні рішення та технологічні процеси очищення стічних вод з застосуванням барботажу.
22. Прийоми барботажного флотування, технічні рішення та умови застосування.
23. Коагулянти та коагулювання в технології очищення стічних вод.
24. Сорбційні установки в технології доочищення стічних вод.
25. Озонаторні установки для доочищення біологічно очищених виробничих стічних вод.
26. Доочищення стічних вод від сполук азоту і фосфору.
27. Технічні та технологічні рішення для доочищення стічних вод від сполук азоту і фосфору.
28. Процеси нітрифікації і денітрифікації та технологічні схеми їх реалізації.
29. Фотобіореактори для доочищення стічної води від біогенних елементів і знезараження.
30. Технологічні рішення для видалення амонійного азоту.
31. Застосування ультрафіолетового опромінення, ультразвуку, гама-опромінення в технології очищення стоків.
32. Суть процесу обробки стічної води плазмою газового розряду.
33. Споруди глибокого доочищення стічних вод – особливості конструкції, основні технологічні параметри та умови застосування.
34. Знезаражування стічних вод хлором: технічні рішення та технологічні параметри.

Література

1. Аюкаєв Р. И., Мельцер В. З. Производство и применение фильтрующих материалов для очистки воды: Справ. пособие. – Л. : Стройиздат, Ленингр. отделение, 1985. – 120 с.
2. Гіроль А. П.. Гіроль М. М., Омельчук Н. О. Гідромеханічні процеси аеродинаміки, тепломасопереносу і фільтрації. – Рівне : РДТУ, 2002 . – 276 с.
3. Гироль Н. Н., Журба М. Г., Семчук Г. М., Якимчук Б. Н. Доочистка сточных вод на зернистых фильтрах. Под общ.ред. Н.Н.Гироля. СП ООО «Типография» Левобережная». – Киев : 1998. – 92 с.
4. Грабовский П. А., Ларкина Г. М., Тюрев В. Ф. Промывка скорых фильтров. Обзорн.инф.,№7, ЦБНТИ Минводхоза СССР. – М. : 1981. – 69 с.
5. Девидсон И. Ф., Харрисон Д. Псевдоожижение твердых частиц. – М. : Химия, 1965. – 465 с.
6. Дмитриевская Е. С. Доочистка сточных вод на фильтрах с плавающей загрузкой. - Водоснабжение и санитарная техника, 1990, №11, с. 27.

Національний університет водного господарства та природокористування

7. Жужиков В. А. Фильтрование: Теория и практика разделения суспензий. 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Химия, 1980. – 400 с.
8. Журба М. Г. Очистка воды на зернистых фильтрах. – Львов : Вища школа. Изд-во при Львов. Ун-те. 1980. – 200 с.
9. Журба М. Г. Водоочистные фильтры с плавающей загрузкой. – М. : «АкваПромИнжиниринг», 2011. – 536 с.
10. Канализация населенных мест и промышленных предприятий. Справочник проектировщика./Н.И.Лихачев, И.И.Ларин, С.А.Хаскин и др.; Под ред. В.Н. Самохина. 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 1981. – 638 с.
11. Кириченко А. Г., Колесник Е. П., Лавриненко К. И. Доочистка биохимически очищенных промышленных сточных вод.- Химия и технология воды. 1986, т.8, №3, с.88-89.
12. Кузьменко М. И. Миксотрофизм сине-зеленных водорослей и его экологическое значение. – К. : Наукова думка, 1981, 211 с..
13. Мартенсен В. Н. и др. Дробленый керамзит - новый фильтрующий материал для водоочистных фильтров. – Куйбышев: КИСИ, 1976. – 168 с.
14. Минц Д. М. Теоретические основы технологии очистки воды. – М. : Стройиздат, 1964. – 156 с.
15. Николадзе Г. И., Минц Д. М., Кастальский А. А. Подготовка воды для питьевого и промышленного водоснабжения. Учеб. пособие по спец. Водоснабжение и канализация» для вузов. – 2-е узд., перераб. и доп. – М. : Высш.шк., 1984. – 368 с.
16. Тарасевич Ю. И. Природные сорбенты в процессах очистки воды. – К. : Наукова думка, 1981. – 206 с.
17. Тодес О. М., Цитович О. Б. Аппараты с кипящим зернистым слоем (гидравлические и тепловые основы работы). – Л. : Химия, 1981. – 296 с.
18. Шевченко П. Н., Таран П. Н., Гончарук В.В. Очистка природных и сточных вод от пестицидов. – Л. : Химия, 1989. – 184 с.
19. Щеголькова Н. М., Шашкина П. С. Фотобиореактор для доочистки сточной воды от биогенных элементов и обеззараживания. Сб.докл. конференции «Водоподготовка и очистка сточных вод населенных мест в XX1 веке: Технологии, Проектные решения, Экология станций», – М. : 2-6.06.2010.
20. Grabarczyk C. Hydromechanika filtrowania wody. Wydaw. nauk.-techn. – Warszawa : 2010. – 398 st.
21. Hirol M., Kowalski D., Hirol A., Yakimchuk B. Przykład zastosowania filtrów ze złożem pływającym w układzie technologicznym dekarbonizacji wody rzecznej. Politechnika Slęąska w Gliwicach. V11 Konferencja naukowo-techniczna. „Nowe technologie w sieciach i instalacjach wodociągowych i kanalizacyjnych». Szczyrk, marzec 2008 r. – 343-354
22. Orzechowski Z., Prywer J., Zarzycki R. Mechanika płynów w inżynierii i ochronie środowiska. Wydaw. nauk.-techn. – Warszawa : 2009. – 623 st.
23. Wastewater Engineering. Treatment and Reuse./Inc Metcalf & Eddy; George Tchobanoglous; Franklin L. Burton; Franklin Burton; H. David Stensel. McGraw-Hill Science Engineering, 2002. – 1820 p.
24. Szpindor Adam., Zaopatrzenie w wodę i kanalizacja wsi. – [Wyd. 2 popr.]. – Warszawa : „Arkady", 1998. – 474 s
25. http://www.mrsp.ru/netcat_files/File/tehnologii_obezzarazivania.pdf.
26. http://plasmawater.org/index.php?option=com_content&task=view&id=21&Itemid=84

Національний університет водного господарства та природокористування

8. ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ПІДПРИЄМСТВ МАЛИХ ПОСЕЛЕНЬ

8.1. Кількість і склад стічних вод

8.1.1. Побутові стічні води

Поряд з промисловими об'єктами на селі значною мірою зосереджено і житловий сектор. Господарсько-побутові стічні води цього сектору можуть відводитися в систему водовідведення підприємства [11].

Кількість. Наближене значення витрат стічних вод у більшості випадків дорівнює кількості споживаної води. При цьому слід враховувати, що частина води, наприклад у випадку поливання садів, не потрапляє в очисні споруди. Крім того, необхідно пам'ятати про перспективний розвиток очисних споруд.

В разі відсутності даних щодо кількості стоків для розрахунку варто приймати максимальні добові витрати $Q_{доб}$ = 200 л/меш. Мається на увазі, що мова йде про будинки з сучасним санітарним обладнанням, у тому числі з ваннами. Однак ця величина може змінюватися.

Стічні води надходять на малі очисні споруди впродовж доби нерівномірно (рис. 8.1.).

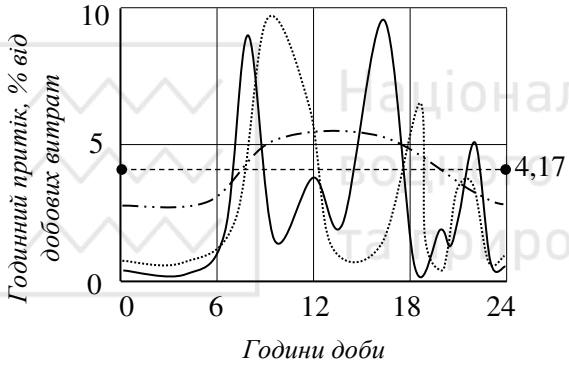


Рис. 8.1. Коливання притоку стічних вод у будні дні:
суцільна лінія – мале поселення; штрихова лінія – місто з населенням 50000 мешканців; пунктирна лінія – новий житловий район в передмісті, 200 мешканців

Чим більшу кількість помешкань підключено до очисних споруд, тим рівномірніше приплив стічних вод. При розрахунку очисних споруд малої каналізації залповим скидам стічних вод слід приділяти ще більше уваги, ніж при розрахунку великих споруд [3].

Властивості. Ступінь очищення стічних вод залежить від стану водойми, в яку вони спускаються, а також від властивостей самих стічних вод [9].

Таблиця 8.1

Кількості забруднень, що містяться в 1 м^3 побутових стічних вод

Речовини	Забруднення, г/м^3			
	Мінеральні	Органічні	Разом	*БПК$_5$*
Осідаючі	50	150	200	100
Неосідаючі	25	50	75	50 } 200
Розчинні	375	250	625	150
Разом	450	450	900	300

В залежності від ряду факторів склад стічних вод в різних місцях різний і змінюється впродовж доби [15]. Для прикладу з визначення складу побутових стічних вод при нормі водовідведення 200 л/меш на добу і органічному

Національний університет водного господарства та природокористування

забрудненні 60 г $БПК_5$/меш на добу можна скористатися даними таблиць 8.1 та 8.2.

Таблиця 8.2

Кількість забруднень, що містяться в побутових стічних водах, з розрахунку на 1 мешканця

Речовини	Забруднення, г/(меш×доб)			
	Мінеральні	Органічні	Разом	$БПК_5$
Осідаючі	10	30	40	20
Неосідаючі	5	10	15	10
Розчинні	75	50	125	30
Разом	90	90	180	60

8.1.2. Виробничі стічні води

Кількість. Витрата стічних вод промислових підприємств визначається головним чином видом виробленої продукції. Крім того, важливе значення на формування стоків має технологія і обсяг виробництва.

Питома витрата стічних вод, тобто витрата, віднесена до одиниці випущеної продукції, може бути доволі різною.

Місце формування стічних вод	*Питомі витрати стічних вод*
Скотобійні	1,5–2 $м^3$/т маси великої рогатої худоби
Птахопереробні підприємства	12,5–13 $м^3$/т маси тушок птахів
Кролікообробні підприємства	5–12 $м^3$/т маси крільчатини
Мясопереробні комбінати	8–23 $м^3$/т маси готової продукції при виготовлені м'ясних і ковбасних виробів
Підприємства обробки туш	4,3–5,5 $м^3$/т маси початкової сировини
Бурякоцукрові підприємства	0,5–20 $м^3$/т маси буряка
Заводи з переробки овочів і фруктів	4,5–15 $м^3$/т готової продукції
Лікарні	300–700 л/доб на 1 ліжко

Слід пам'ятати також про великі коливання витрати виробничих стічних вод.

Властивості. Склад виробничих стічних вод дуже різноманітний. З урахуванням способу очищення домішки, що містяться в стічних водах, можна класифікувати так:

волокна, крупні домішки	– решітки і сита
осідаючі речовини	– відстійники
не осідаючі і розчинені речовини	– методи хімічного і біологічного очищення
неорганічні речовини	–часткове виділення коагулюванням і осадженням
органічні речовини	– методи біологічного очищення

Національний університет водного господарства та природокористування

токсичні речовини	– установки знезаражування
кислоти і луги	– установки нейтралізації
нафтопродукти і жири	– нафто- і жироуловлювачі

Залежно від складу і кількості стічних вод визначаються технологія і вид споруд для їх очищення [5]. Виробничі стічні води, що містять органічні забруднення, співвідносять з еквівалентною кількістю жителів у тих випадках, коли вони сумісно очищуються з побутовими стічними водами.

Таблиця 8.3

Еквівалентна кількість жителів для різних джерел формування стічних вод

Джерело формування стічних вод	Питомий об'єм стічних вод	Еквівалентна кількість мешканців
Молочні заводи без сироваріння	на 100 л молока	30–80
Молочні заводи з сироварінням	на 1000 л молока	50–250
Бійні	на 1 бика=2,5 свині	70–200
	на 1 т живої маси	150–450
Пивоварні	на 1000 л пива	150–400
Крохмальні заводи	на 1 т кукурудзи або пшениці	500–1000
Шкірзаводи	на 1 т шкіри	1000–4000
Вовномийні фабрики	на 1 т вовни	2000–5000
Білильні цехи	на 1 т продукту	1000–4000
Фарбувальні фабрики з фарбуванням сірчаними фарбниками	на 1 т матеріалу	2000–3500
Фабрики-пральні	на 1 т білизни	370–1000
Витоки мінеральних мастил	на 1 т мастил	12 000

Не слід допускати потрапляння в стічну воду органічних речовин, що мають високі значення $БПК_5$. У виняткових випадках допускається їх наявність в стічній воді в таких кількостях, які не мають негативного впливу на ефективність роботи малих очисних споруд.

До речовин, що підлягають роздільному видаленню, відносяться:

Речовини	$БПК_5$, г/л
Кров (кількість крові становить приблизно 75% від живої маси)	160-210
Гноївка	7-18
Молочна сироватка	45
Сік силосу бурякової гички	80
Вода від первинного промивання масла	17
Конденсат картоплезапарних установок	4-9
Фенол	1,7

Національний університет водного господарства та природокористування

При проектуванні споруд, призначених для очищення побутових стічних вод, необхідно враховувати такі важливі фактори: умови скидання стічних вод у водойми в залежності від стану останніх; кількість стічних вод, що надходять на очищення, і їх склад; експлуатацію та обслуговування побудованих очисних споруд [2].

При проектуванні слід перевірити можливість влаштування спільних каналізаційних очисних споруд, що дозволяють здійснювати сумісне очищення побутових і виробничих стічних вод. Такі споруди переважно кращі, ніж окремі очисні споруди, навіть в тих випадках, коли необхідно здійснювати роздільне очищення виробничих стоків.

Досвід показує, що малі очисні споруди все частіше не виправдовують покладені на них сподівання. Це відбувається головним чином через неправильну експлуатацію споруд та відсутність належного їх обслуговування [10,15].

Питання, пов'язані з очищенням виробничих стічних вод, слід продумувати, починаючи з місця їх утворення. У цьому випадку потрібно провести цілий комплекс заходів, а саме: проаналізувати виробничі процеси з точки зору економічного використання води та створення замкнутих циклів; визначити стан водойми, кількість і склад стічних вод; перевірити доцільність влаштування споруд попереднього очищення стічних вод; проаналізувати можливість подальшої експлуатації та обслуговування споруд тощо.

8.2. Технологічні прийоми очищення стічних вод

Переробка стічних вод малих поселень виконує три важливі функції [15]:

- запобігання розповсюдження хвороб;
- зменшення вмісту поживних речовин та інших забруднювачів в стоках, що скидаються у водойми;
- повернення поживних речовин в сільське господарство та інші виробництва.

Метод і ступінь очищення стічних вод залежать в першу чергу від стану водойми, в яку вони відводяться [9]. В залежності від цього технології очищення можна поділити на три стадії очистки [6].

1-а стадія. Прояснення стічних вод (видалення осаду), механічне очищення.

2-я стадія. Біологічне очищення.

3-я стадія. Видалення із стічних вод сполук фосфору та азоту.

Останнім часом все більшого значення набуває 3-я стадія очищення, оскільки для забезпечення потреб у воді її доводиться забирати безпосередньо з водойм. Через присутність в воді водойм фосфору і азоту, що слугують продуктами живлення для мікроорганізмів та зумовлюють у воді водойми негативні явища, виникає потреба надмірного збільшення витрат на підготовку питної води [2].

Іноді до 3-ї стадії очищення зараховують всі методи, що виходять за межі 2-ї стадії, включно з знезаражуванням.

У цілому технологічний процес кожних очисних споруд можна поділити на

Національний університет водного господарства та природокористування

дві технологічні лінії, а саме процес очищення стічних вод і процес обробки осаду. Досвід показує, що процес обробки осаду часто буває складнішим за процес очищення стічної води.

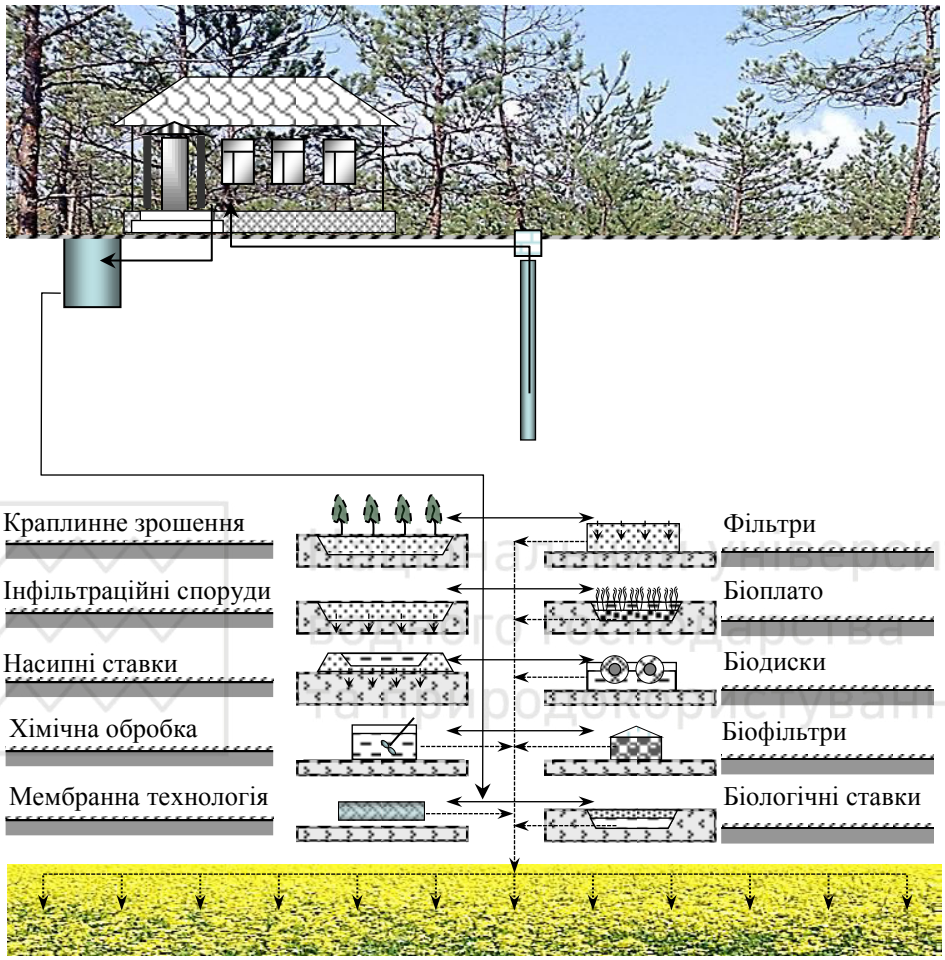


Рис.8.2. Технологічні схеми очищення стічних вод малих населених пунктів

Перед проектуванням споруд малої продуктивності слід розглянути можливість ґрунтового очищення стічних вод та їх утилізації [12].

Для очищення стічних вод малих поселень передбачаються методи або стадії очистки, наведені в табл. 8.4. Слід враховувати, що відомі методи очищення стічних вод в більшості випадків дозволяють одночасно знижувати концентрації кількох інгредієнтів.

Малі каналізаційні очисні споруди передбачають для окремих виробничих будівель або житлових комплексів з витратою стічних вод до 1400 м^3/добу. Достатнього поширення набули очисні споруди природного біологічного очищення ґрунтовою підземною фільтрацією продуктивністю 0,5 – 15 м^3/добу, циркуляційні окисні канали на 100 – 200, 400 – 700 і 1400 м^3/добу, споруди

Національний університет водного господарства та природокористування

механічного і хімічного очищення стічних вод на 18 – 25 м^3/добу, установки з доочистки стічних вод на піщаних фільтрах, зблокованих з допоміжними спорудами (рис. 8.3) тощо.

Таблиця 8.4

Методи очищення, що застосовуються в схемах очищення стічних вод малих поселень

Метод очищення	Основна задача	Зниження	
		БПК$_5$, %	Завислих речовин, %
Септики	Відстоювання і видалення осаду	0–30	80–95
Перегнивачі	Відстоювання і видалення осаду, часткове біологічне очищення	30–60	90–98
Двоярусні споруди	Відстоювання і видалення осаду	25–35	80–95
Емшерські колодязі, траншеї підземної фільтрації	Біологічне очищення	90–95	100
Підземне зрошення	Відведення очищеної стічної води в грунт	100	100
Фільтруючі колодязі	Те ж	100	100
Малі установки для очищення стічних вод активним мулом з його стабілізацією	Біологічне очищення	90–98	90–98
Циркуляційні окислювальні канали	Біологічне очищення	85–98	90–98
Біологічні ставки	Біологічне очищення	85–98 (літом) 60–80 (взимку)	90–98
Малонавантажувані установки для очищення стічних вод активним мулом з роздільним зброджуванням осаду	Біологічне очищення	85–95	90–95
Біофільтри (з обертовими зрошувачами) з первинним і вторинним відстоюванням:			
з малим навантаженням	Біологічне очищення	80–95	70–92
з великим навантаженням	Біологічне очищення	65–90	65–92

Для найменших установок замість мулових майданчиків передбачають вивіз мулу автоцистернами. Навантаження на мулові майданчики приймають як для осадів, що пройшли мезофільне зброджування.

Споруди підземної фільтрації розраховують на витрату стічних вод до 15 м^3/добу.

До складу споруд підземної фільтрації входять [3,15]:

а) септики для попередньої обробки стічних вод;

б) фільтруючі колодязі, поля підземної фільтрації, фільтруючі траншеї, підземні піщано-гравійні фільтри (в один або два ступені);

в) дозуючі пристрої, розподільні колодязі і водовідвідні трубопроводи;

г) насосні або шнекові установки для перекачування стічних вод (при необхідності).

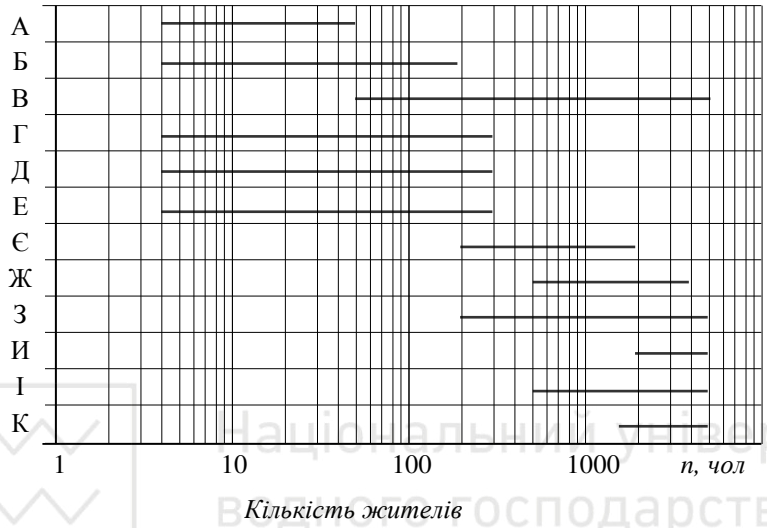


Рис. 8.3. Межі раціонального застосування малих очисних споруд [3]

А – септики; Б – перегнивачі; В – двоярусні споруди; Г – траншеї підземного фільтрування; Д – системи підземного зрошення; Е – фільтрувальні колодязі; Є – компактні аераційні установки зі стабілізуванням мулу; Ж – циркуляційні окислювальні канали; З – біологічні ставки; И – аеротенки; І – біофільтри; К – біофільтри з великим навантаженням

Малі очисні споруди надто чутливі до несприятливих впливів. Імовірність виникнення ускладнень при експлуатації споруд тим більше, чим менші ці споруди. Дуже часто кількість і склад стічних вод істотно відрізняються від розрахункових величин, а це негативно позначається на роботі споруди та їх обслуговуванні.

У табл. 8.4. і на рис. 8.3 вказані лише найбільш уживані споруди. Останнім часом у нас в країні, а також в інших країнах впроваджуються нові технології очищення стоків [21]. Втілення нових ідей, хоча й пов'язане з відомим ризиком, проте, має вітатися. Однак слід вибирати, як правило, ті методи, які добре зарекомендували себе на практиці. Потрібно по можливості використовувати перевірені рішення, передбачати споруди зі збірних елементів, а також компактні установки.

Важливе значення при виборі місця очищення стічних вод мають фінансові витрати. Хоча величина капіталовкладень в будівництво і є важливим фактором, керуватися одним лише прагненням до найбільш низьких витрат в кінцевому рахунку не слід. У першу чергу необхідно домагатися довговічності

Національний університет водного господарства та природокористування

роботи споруди, а також помірних поточних експлуатаційних витрат. Оптимальне рішення в більшості випадків приймається лише в результаті зіставлення окремих варіантів.

Розумною вимогою до очищення стічних вод у місцях, де їх впливу піддаються люди або сухопутні тварини, є доведення якості цієї води до гігієнічного стандарту води для купання. Якщо рівень вмісту фекальних мікроорганізмів у стічних водах не відповідає цьому стандарту, область скидання повинна бути забезпечена захисним бар'єром, наприклад, щільною рослинною огорожею або парканом і попереджувальними знаками

8.3. Найпростіші методи очищення стічних вод

8.3.1. Тимчасові споруди

Хоча стічні води після очищення відводяться, як правило, у водойму, проте є випадки, коли необхідно передбачати тимчасові споруди, призначені для попереднього очищення стоків з подальшим відведенням їх у ґрунт. Такі заходи передбачаються, наприклад, для ділянок, які не мають напірного водопроводу отже будівлі не обладнані сучасними туалетами. У цьому випадку основними забрудненнями є фекалії і сеча. До того ж може не бути поряд водойми (приймача), і стічну воду після її очищення доводиться відводити в ґрунт або направляти на поля зрошення [2].

За цих умов єдиним можливим рішенням є влаштування на садовій ділянці вигрібної ями. Розташовувати її слід, по можливості, далі від колодязя. Ґрунтові води повинні стікати від колодязя в напрямку вигребу щоб уникнути попадання в колодязь стічних вод (рис. 8.4)[1][3].

Для середньої сім'ї передбачається вигрібна яма об'ємом 1,5 м^3, тобто при глибині ями 1500 мм її площа складе 1 м^2. Просочування рідкого вмісту ями в ґрунт неприпустимо, тому стінки і днище ями повинні бути водонепроникними. Днище ями не має розташовуватися на рівні залягання ґрунтових вод. В іншому випадку при влаштуванні ями доведеться виконувати додаткову роботу щодо зниження рівня ґрунтових вод (рис. 8.5).

На практиці користуються наступними правилами [2]:

1. Вигріб вбиралень, за винятком їх горловин, слід розташовувати поза будівлями і на певній відстані від доріг. Між цегляною стіною і вигрібною ямою залишається зазор шириною не менше 6 см, де розташовується ізолюючий шар.

2. Вигріб слід щільно перекривати, не допускаючи випаровування його вмісту.

3. Влаштування будь-яких прибудов над вигребом неприпустимо.

4. Вентиляцію вигребів слід передбачати з виведенням вентиляційних труб вище даху.

5. Стінки труб, якими нечистоти стікають у вигріб, повинні бути гладкими, водонепроникними. Внутрішній діаметр таких труб повинен

[1] *Слід зауважити, що рішення, наведене на рис. 8.5, є вимушеним.*

Національний університет водного господарства та природокористування

становити не менше 200 мм, а самі труби слід розташовувати, по можливості, вертикально.

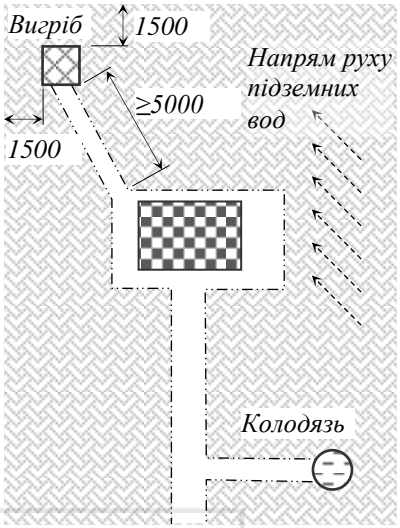


Рис. 8.4. Розташування вбиральні на присадибній ділянці

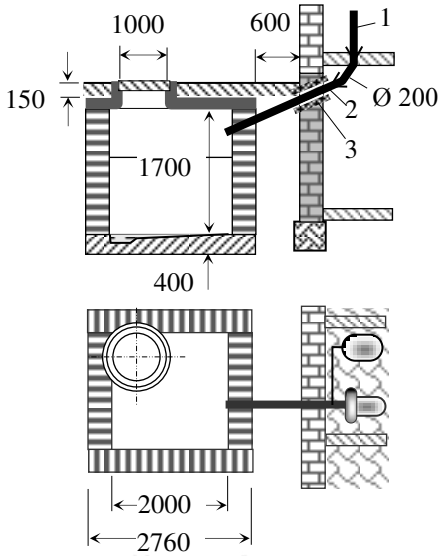


Рис. 8.5. Розташування вбиральні, що прилягає до будинку:
1 - стояк, виведений на дах; 2 - ухил> 45 °, 3 – футляр

Відразу ж після прокладки каналізаційного колектора слід підключити до нього всі прилеглі ділянки.

Господарсько-фекальні стічні води, включаючи нечистоти з туалетів, в окремих випадках можуть використовуватися на території ділянок, якщо на кожні 10 м^2 житлової забудови припадає 100 м^2 площі ділянки, яка може бути використана для зазначених цілей, проте в наявності повинно бути не менше 400 м^2 площі ділянки.

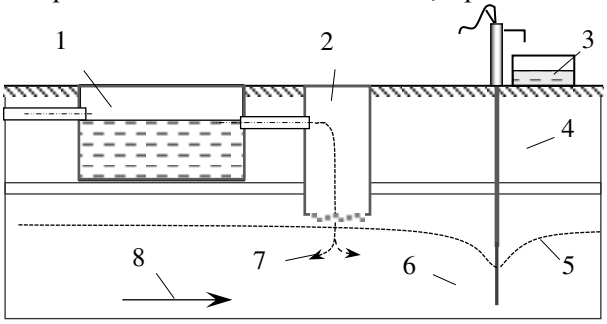


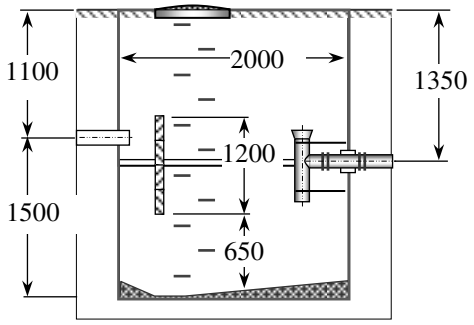
Рис. 8.6. Схема впливу вигрібної ями на колодязь питної води:
1 - вигрібна яма, 2 - фільтруючий колодязь, 3 - колодязь з питною водою; 4 - водонепроникний ґрунт; 5 - ґрунтові води; 6 - щебінь; 7 - стічна вода, 8 - напрямок руху ґрунтових вод

При виборі рішень слід підходити з великою обережністю, тому що стічна вода може забруднити грунт, що не виключає можливості потрапляння в людський організм разом з рослинною їжею збудників хвороб, наприклад, яєць гельмінтів (за схемою людина - рослина - людина).

Національний університет водного господарства та природокористування

8.3.2. Вловлювачі жиру

Вловлювачі жиру дозволяють забезпечити відокремлення жирів і мінеральних масел з промислових стічних вод, перед усім з боєнь, м'ясних цехів, автозаправочних станцій. Такі установки ефективно працюють при вилученні з побутово-господарських стоків жирів рослинного, тваринного і мінерального походження. Густина цих речовин менше від густини води, що зумовлює їх поділ: в верхній частині накопичуються жири, а в нижній – вода.



8.7. Вловлювач жиру (50-100 м^3/доб)

Вловлювач жиру добовою продуктивністю 5…100 м^3 за господарсько-побутовими стічними вод показано на рисунку 8.8. Практиці очистки стічних вод відомі і інші конструкції вловлювачів жиру.

У великих установках знежирення води застосовують технології насичення води повітрям, що сприяє коагулюванню забруднень. Процес вилучення жирів з води забезпечується їх флотуванням на поверхню води. Зібрані жири можуть використовуватися в миловарній промисловості. Проте, для забезпечення наступного використання жирів їх уловлення слід проводити безпосередньо біля джерел утворення, тому що жири, забруднені побутовими стічними водами, втрачають промислову цінність.

8.3.3. Септики

Найпростішими, але малопродуктивними спорудами є септики (рис. 8.8). У таких спорудах є як мінімум дві камери, через які протікає стічна вода. Осідаючі інгредієнти стічної води опускаються на дно септика, і таким чином стічна вода очищається. В септику стічна вода проходить тільки механічне очищення. Септик не є спорудою біологічного очищення, і в його функції не входить зниження $БПК_5$ стічної води. У осаді, що випадає на дно септика, міститься велика кількість органічних домішок, тому він з часом загниває. Гази, що утворюються в процесі бродіння, захоплюються потоком стічної води, що витікає із септика, у зв'язку з чим стічна вода набуває гнильного запаху. Очищену в септику стічну воду можна відводити лише у водойму, що має досить високу самоочисну здатність. Оскільки такі умови зустрічаються надто рідко, стічна вода після септика потребує подальшого очищення [2].

Очисні споруди для малих поселень є тимчасовими і передбачаються лише в разі відсутності можливості підключення до каналізаційної системи, за якої стічні води надходять на центральну очисну станцію. Влаштування групових очисних споруд має переваги і в економічному сенсі - чим більша продуктивність очисних споруд, тим менші капітальні та експлуатаційні витрати (в розрахунку на 1 м^3 стічної води) [15,22].

Національний університет водного господарства та природокористування

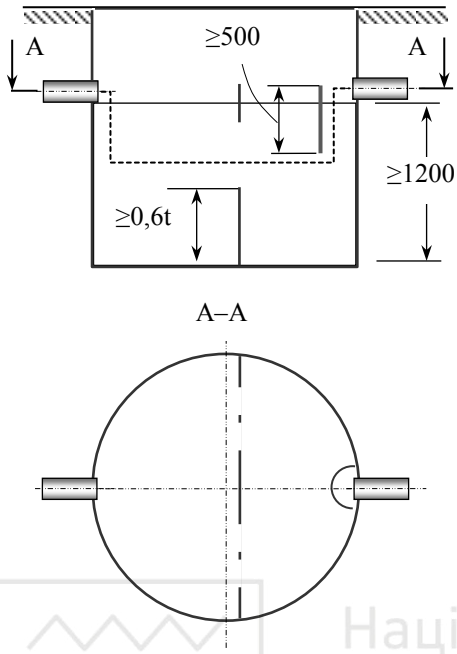


Рис. 8.8. Двохкамерний септик (t – глибина води)

Споруди (септики), що мають поширення в схемах очистки стоків малих поселень, можуть різнитися між собою - багатокамерні септики і багатокамерні перегнивачі. Багатокамерні септики проектують з урахуванням підключення до них системи водовідведення від 50 жителів. Об'єм таких септиків призначається з розрахунку не менше 200 л на кожного мешканця-користувача. Двокамерні септики мають корисний об'єм від 3000 до 4000 л (задовольняє потреби 15-20 мешканців), а трикамерні септики - об'єм від 4000 до 10 000 л (задовольняє потреби 20-50 мешканців).

Багатокамерні перегнивачі призначені для часткового біологічного очищення стічних вод і складаються щонайменше з трьох камер. Корисний об'єм таких перегнивачів визначається з розрахунку 1000 л на кожного мешканця, що користується послугами, іншими словами, це практично ті ж септики, але більшого розміру. Передбачається влаштування перегнивачів, розрахованих на обслуговування від 4 до 200 жителів [18]. Такі споруди більш ефективні в порівнянні з септиками, оскільки в них певною мірою відбуваються процеси розкладання органічних домішок, тому що тривалість перебування в них стічної води є в п'ять разів більшою, ніж у септиках. Однак, як показує практика, процеси часткового біологічного розкладання домішок органічного походження далеко не досконалі.

У двокамерних септиків об'єм першої камери повинен становити не менше 2/3 загального об'єму септика, а у трикамерних - половину загального об'єму. Слід враховувати, що стічні води не проходять через септики так само безперервно, як через відстійники, інтенсивність руху води через септик, внаслідок нерівномірності надходження стічних вод, постійно порушується, що негативно позначається на ефективності його роботи. Однак для камер септика першорядне значення мають простота конструкції в поєднанні з надійною роботою і простотою обслуговування. Дуже важливе значення для якості роботи септика має кількість осаду, що накопичується на дні камер. Тому першу камеру слід передбачати великих розмірів з метою забезпечення більш-менш рівномірного розподілу осаду по камерах. Якщо не передбачати поділ септика на камери, то при залповому надходженні стічних вод частина

Національний університет водного господарства та природокористування

осаду буде збурюватися і виноситися з септика. Проте поділ септика більш ніж на три камери не позначається на ефективності очищення стічної води [2].

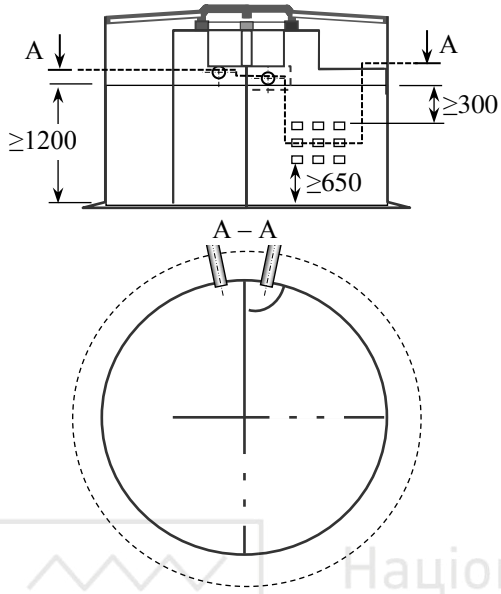


Рис. 8.9. Трикамерний септик або трикамерний перегнивач

Глибина води в септику становить від 1200 до 2000 мм. Необхідність виділення достатнього об’єму для осаду і лише епізодичне його видалення не дозволяють зменшити глибину септика. З іншого боку, в септиках глибиною більше 2000 мм відзначаються короткозамкнені потоки стічної води, у зв'язку, з чим погіршується процес осадження грубодисперсних домішок (ГДД). Перепад рівня води в трубопроводі, по якому надходять стоки і рівня стічної води в септику повинен становити 50 мм. Отвори в стінках сполучених камер, а також випускний отвір повинні бути розташовані так, щоб ні донний осад, ні плаваючі домішки не змогли потрапити в ці отвори. Тому в місці випуску стічної води з септика передбачається напівзаглибна перегородка. Для цієї ж мети, а також для проходження стічної води з однієї камери в іншу, в стінках камери допускається влаштовувати трійники з діаметром відгалужень 150 мм. Як і напівзаглибна перегородка, трійник повинен бути занурений у стічну воду не менш ніж на 300 мм і виступати над дзеркалом води на 200 мм. Слід одночасно подбати про заходи, що забезпечують чистоту та належний догляд за септиком. Тому не допускається застосування для з'єднань камер між собою колін труб та інших елементів, які погано піддаються очищенню і доступ, до яких зверху ускладнений. У перекритті септика слід передбачати отвори, необхідні для очищення камер і видалення осаду.

Перекривати септики слід таким чином, щоб у них зверху не могли потрапити атмосферні води. До септика повинен бути забезпечений вільний доступ для видалення осаду. Проїзд по перекриттю септика не допускається, оскільки конструкція перекриття на це не розрахована. У септиках передбачається вентиляція. Як правило, вентиляція здійснюється через підвідний та відвідний трубопроводи. Щоб уникнути нещасних випадків, навколо септика передбачається огорожа і вивішується попереджувальна табличка.

При відсутності збірних елементів септики можна споруджувати з монолітного бетону або цегли. В останньому випадку звертають особливу увагу на герметичність споруди.

Національний університет водного господарства та природокористування

8.3.4. Відведення стічних вод у ґрунт

Дуже часто трапляється, що стічні води не можуть відводитися з територій, що каналізуватимуться, в природні водойми, у таких випадках розглядають можливість їх відведення в ґрунт через фільтруючий колодязь [2].

Під час вибору варіанту відведення стічних вод слід передбачати заходи запобігання зараження ґрунтових вод і замулювання фільтруючого колодязя.

За цих умов стічні води слід відводити у ґрунт по можливості у верхні його шари, розташовані на великій відстані від рівня залягання ґрунтових вод [1,15]. Досить потужний природний ґрунтовий фільтр є найкращою гарантією затримання і розкладання патогенних бактерій.

Необхідна відстань від місця відведення стічних вод у ґрунт до місця забору питної води може становити кілька сотень метрів.

Фільтруючий колодязь для відводу стічних вод. До відведення стічних вод у грунт слід видалити з них завислі речовини. Для цього перед фільтруючим колодязем передбачають септик великих розмірів або, що ще краще, перегнивач. Перед проектуванням колодязя необхідно провести випробування ґрунту на просочування. Практично на одного жителя має припадати від 1 до 2 м^2 поверхні фільтрації [24].

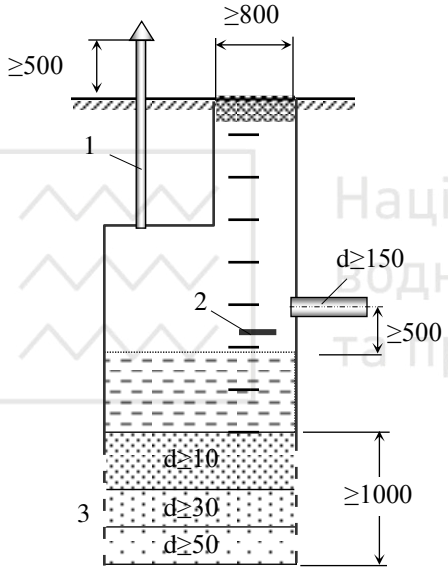


Рис. 8.10. Фільтруючий колодязь:
1 – вентиляційний стояк, 2 – розбризкувальна полиця, 3 – гравійний фільтр

Стіни фільтруючого колодязя є водопроникними, тому поглинаюча здатність в продовж його експлуатації буде зменшуватися (рис.8.10). Доцільно перед фільтруючим колодязем встановити грязьовий фільтр, який потребує регулярної заміни.

Фільтруючий колодязь заповнюють уламковими породами, розмір фракцій яких зменшується від нижніх шарів до верхніх. Зверху розташовують тонкий шар дрібного піску, захищений від розмиву відбивною плитою. Для збільшення поглинальної здатності колодязя влаштовують гравійний фільтр (рис.8.11). Витяжна вентиляція здійснюється через водостічну трубу або за допомогою спеціальної вентиляційної труби.

Поглинальний колодязь для відводу дощових вод відрізняється від фільтруючого колодязя для відведення стічних вод тим, що у випадку дощу в нього впродовж короткого часу можна відвести велику кількість атмосферних вод. При відведенні стічних вод від місць, призначених для стоянок автомобілів, застосовують нефтоуловлювачі, а в разі відведення стічних вод від тваринницьких ферм - септики. При розрахунку поглинаючого колодязя

Національний університет водного господарства та природокористування

для відведення дощових вод слід враховувати необхідну площу фільтрації та акумулюючу здатність колодязя.

Таблиця 8.5

Необхідна корисна площа фільтрації фільтруючих колодязів в м^2, що припадає на 1 мешканця поселення, обладнаного системою водовідведення

Вид ґрунту	Житло, 200 л/(люд×доб)	Табори, 100 л/(люд×доб)	Школи, 65 л/(уч×доб)
Крупний пісок або гравій	0,93	0,23	0,14
Дрібний пісок	1,4	0,37	0,23
Супіски і суглинки	2,3	0,6	0,37
Глина зі значними домішками піску або гравію	3,7	0,93	0,6
Глина з незначними домішками піску або гравію	7,4	1,85	1,25
Важка глина, скельні породи або інші водонепроникні ґрунти	Непридатна		

Не слід відводити дощові і забруднені стічні води в один і той же колодязь. Очищення стічних вод в природних умовах див. розділ 4).

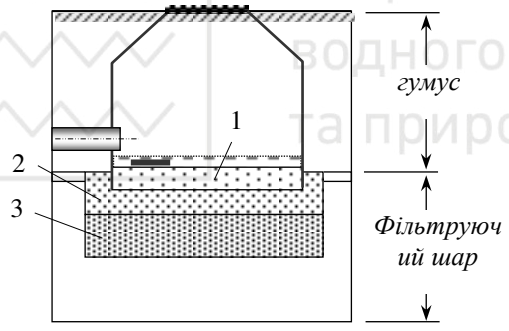


Рис. 8.11. Фільтруючий колодязь без стінок: 1 - шар фільтруючого піску, 2 - гравій розміром з 2-4 см, 3 - крупний щебінь

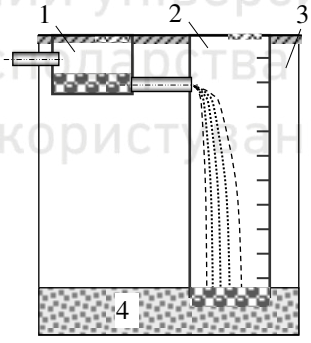


Рис. 8.12. Глибокий фільтруючий колодязь: 1 – фільтр; 2 – фільтруючий колодязь; 3 – водонепроникний ґрунт; 4 – фільтруючий ґрунт

8.4. Очищення стічних вод в штучних умовах

8.4.1. Механічне очищення стоків

На очисних спорудах малої потужності в якості споруд механічного очищення використовують відстійні споруди, особливо в тих випадках, коли обробка великої кількості стічних вод за допомогою септиків стає неможливою і можна обмежитися лише механічним очищенням. На рис.8.13 зображена схема споруд для механічного очищення, яка передбачає обробку стоків послідовно на гратах, пісковловлювачах та відстійниках [18]. Осад

Національний університет водного господарства та природокористування

зброджується в метантенку і підсушується на мулових майданчиках.

У багатьох випадках для скорочення витрат замість відстійника і метантенка передбачають споруди, в яких одночасно відбуваються процеси відстоювання і зброджування - двоярусні відстійники та прояснювачі-перегнивачі. Спрощена технологічна схема очищення стічних вод з двоярусним відстійником зображена на рис.8.14 [4,15].

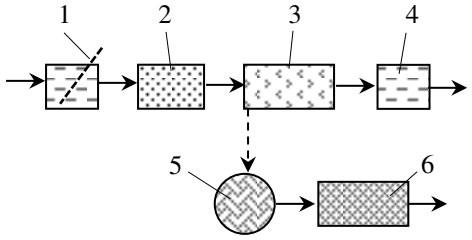


Рис.8.13. Схема споруд для механічного очищення стічних вод:
1 - решітка, 2 - пісковловлювач, 3 - відстійник, 4 - приймальний резервуар, 5 - метантенк, 7 - мулові майданчики,

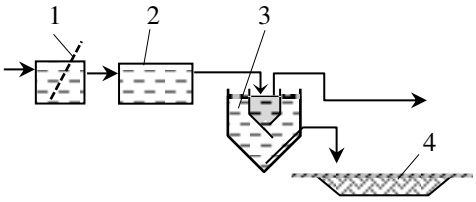


Рис.8.14. Спрощена технологічна схема очищення стічних вод, обладнана двоярусним відстійником:
1 - решітка з ручним видаленням крупних забруднень, 2 - пісковловлювач, 3 - двоярусний відстійник, 4-муловий майданчик

8.4.2. Очищення стічних вод з використанням активного мулу

У технології очищення стічних вод активним мулом в процесі очищення беруть участь найпростіші і бактерії. Ці мікроорганізми в стічних водах утворюють скупчення у вигляді пластівців, званих активним мулом [6,7].

Умовою ефективної роботи активного мулу є постійне його перемішування зі стічними водами і насичення киснем повітря. Завдяки такому стану мікроорганізми мають доступ до продуктів живлення і кисню - для дихання.

Цей процес, що протікає в штучних умовах, є подібним до процесів, що протікають в річках або озерах, з тією лише різницею, що в зоні аерації присутня велика кількість мікроорганізмів. Завдяки цьому процес очищення відбувається набагато швидше й інтенсивніше, ніж у річці. Організми, що беруть участь у процесі очищення стоків, схожі з організмами, присутніми в біофільтрах [2].

У порівнянні з біофільтрами аеротенки позбавлені присутності комах і запахів, а їх висока ефективність очищення стоків не так сильно залежить від температури навколишнього середовища, як ефективність роботи біофільтрів. За цих умов найвища ефективність досягається при +30°С.

Недоліками очисних споруд, що працюють за технологією з використанням активного мулу, є:

- ускладнене обслуговування,
- велика кількість осаду
- високий рівень споживання енергії для роботи насосів і повітродувок,

Національний університет водного господарства та природокористування

– чутливість до нерівномірності надходження забруднюючих речовин (низька технологічна інерційність).

У випадку малих кількостей стічних вод і нерівного їх припливу застосовують спрощені способи використання активного мулу. Їх суть полягає в тривалій аерації суміші стічних вод і активного мулу. Спрощено також попереднє очищення стоків – вилучаються на гратах тільки крупніші домішки, а видалення осаду здійснюється паралельно з процесом очищення стічних вод після аеробної стабілізації. Основними елементами технологічної схеми такого очищення стічних вод є грати, аеротенк, вторинний відстійник і обладнання рециркуляції осаду (рис. 8.15а).

Експлуатація цієї системи передбачає повернення мулу з вторинного відстійника до аеротенка. Надлишковий активний мул стабілізується в процесі очищення стічних вод в аеротенку. Підтримка балансу між наростанням і стабілізацією мулу є можливою тільки до певної межі навантаження мулу забруднюючими речовинами, вище якої приріст мулу переважає можливість його стабілізації в аеротенку. У цьому випадку для стабілізування надмірного об'єму мулу вводять новий елемент - камери аеробної стабілізації мулу (рис. 8.15б). До камери аеробної стабілізації періодичного відводиться осад з системи рециркуляції.

Більш складним способом використання активного мулу є технологія контактної стабілізації (рис. 8.16а). В цій схемі запроваджено стабілізатор рециркуляційного мулу. Цей мул перед поступленням в аеротенк піддається додатковій аерації. Ця процедура спрямована на відновлення діяльності активного мулу, зниженої в наслідок його перебування в відстійнику, і аеробну стабілізацію надлишкового мулу.

Застосовують і більш складні схеми очищення стічних вод (рис. 8.16б), в яких незалежно від камери реаерації використовується аеробна стабілізація осаду. Така необхідність виникає в випадку, коли навантаження за забрудненнями настільки високе, що не вдається стабілізувати мул в камері реаерації.

Згадані відмінності використання мулу особливо важливі за високої нерівномірності концентрації забруднюючих речовин. В таких випадках є можливість використання камер реаерації в якості накопичувача мулу і подача його в аеротенк пропорційно концентрації забруднень в стічних водах. Але це вимагає високого рівня автоматизації процесу, і з цієї причини таке рішення не має значного поширення.

Очищення води в аеротенках

Для повного біологічного очищення стічних вод малих поселень можуть застосовуватися [24,27]:

– аераційні установки, що працюють за методом повного окислення (аеротенки продовженої аерації);
– аераційні установки з аеробною стабілізацією надлишкового активного мулу;
– циркуляційні окисні канали;

– краплинні біофільтри.

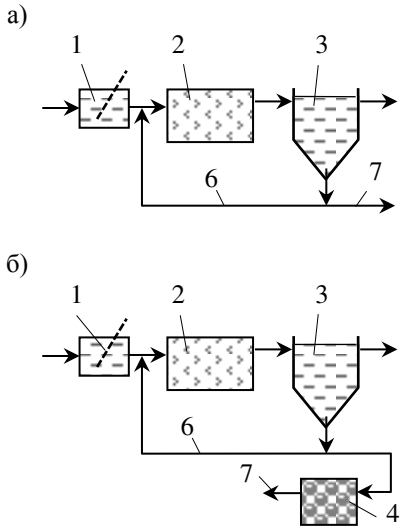


Рис. 8.15. Схема спрощеного застосовувати активного мулу з його стабілізацією: а) в аеротенку, б) в окремій споруді стабілізації
1 – грати; 2 – аеротенк; 3 – вторинний відстійник; 4 – стабілізатор мулу в аеробних умовах; 6 – циркуляційний мул; 7 – стабілізований мул

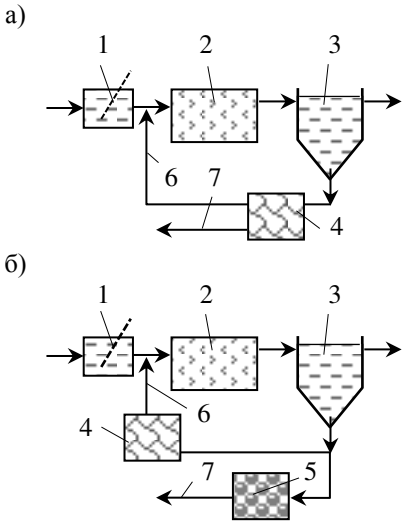


Рис. 8.16. Схема спрощеного застосовувати активного мулу з біосорбцією і його стабілізацією: а) в камері реаерації, б) в окремій споруді стабілізації
1 – грати; 2 – аеротенк; 3 – вторинний відстійник; 4 –камера реаерації (стабілізатор); 5 – стабілізатор мулу в аеробних умовах; 6 – циркуляційний мул; 7 – стабілізований мул

Аераційні установки на повне окислення рекомендується застосовувати для очищення стічних вод з витратою до 700 м^3/добу. Механічне очищення здійснюється тільки на гратах і гратах-дробарках. Установки існують у двох варіантах: будуються на місці зі збірного або монолітного залізобетону і серійні установки заводського виготовлення.

Аераційні установки з аеробною стабілізацією активного мулу застосовуються переважно при витратах стоків понад 200 м^3/добу. Механічне очищення передбачається таке ж, як і для аеротенків із продовженою аерацією. Такі установки виготовляються на заводах серійно (рис.8.17).

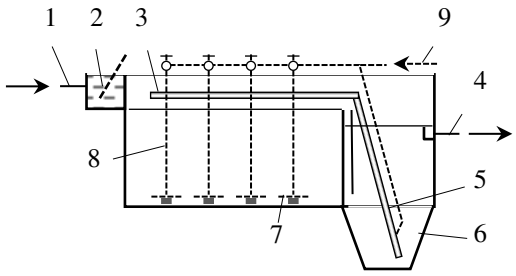


Рис. 8.17. Блок аеротенків і вторинних відстійників:
1 – подача стічних вод, 2 – грати, 3 – трубопровід зворотного мулу, 4 - відвід очищеної стічної води, 5 – ерліфт, 6 – відстійник, 7 – дірчасті труби, 8 - повітряні стояки, 9 – подача повітря, 10 – аеротенк

Національний університет водного господарства та природокористування

Циркуляційні окислювальні канали найдешевші і найпростіші з усіх споруд біологічного очищення в штучно створених умовах. Вони застосовуються в районах з розрахунковою температурою не нижче -25°С, а також у тих випадках, коли установки заводського виготовлення застосовувати недоцільно.

Краплинні біофільтри допускається застосовувати в особливих випадках, стічні води попередньо повинні пройти механічне очищення в септиках або пройти через грати, пісковловлювачі та двоярусні відстійники.

Очисна станція з механічною аерацією включає приймальну камеру, лоток з гратами і водозливом для вимірювання витрат, мулову камеру для змішування стічних вод з активним мулом, блок аеротенків і вертикальних відстійників, контактні резервуари, виробничо-допоміжна будівля і мулові майданчики [15]. Споруди розраховані для очистки стоків до $БПК_{повн}$ і вмісту завислих речовин до 15 мг/л, а в разі доочищення - до 5-6 мг/л. Аеротенки обладнані механічними поверхневими аераторами [6]. Доочищення може проводитися на каркасно-засипних фільтрах, фільтрах з плаваючим фільтруючим шаром, біоставках тощо [20]. Знезараження очищених стоків здійснюється з використанням хлору. Споруди можуть виконуватися в зблокованому вигляді (рис. 8.18) [10].

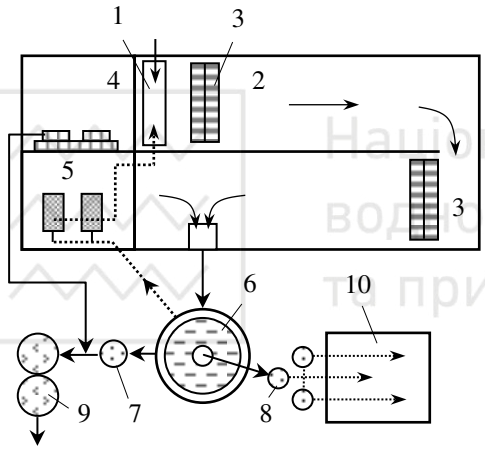


Рис. 8.18. Принципова схема очисних споруд продуктивністю 150 м^3/добу:
1 - розподільний лоток, 2 - аеротенк, 3 - механічний аератор, 4 - баки з розчином хлорного вапна, 5 - приміщення для насосів повернення мулу, 6 - вторинний відстійник, 7,8 - колодязі, 9 - контактні резервуари, 10 - мулові майданчики

Аеробна стабілізація мулу здійснюється у відкритих спорудах типу аеротенків. Основними параметрами для інженерних розрахунків є необхідна тривалість стабілізації і питома витрата кисню, які в основному залежать від температури і віку мулу. Тривалість аерації для неущільненого активного мулу - 2 ... 5 діб, діапазон температур - 8...35 ° С, витрата повітря - 1...2 м^3/год на 1 м^3 місткості стабілізатора, інтенсивність аерації повинна бути не менше 6 м^3/(м^2×год).

Компактні установки для штучного біологічного очищення стічних вод

Компактні установки заводського виготовлення для штучного біологічного очищення можуть працювати за методами повного окислення і аеробної стабілізації надлишкового активного мулу. За першим методом працюють установки типу БІО і УКО, установки типу КУ виготовляються в модифікаціях для обох методів. Пропускна здатність цих установок - 12 ... 700 м^3/добу. Установки заводського виготовлення, сконструйовані за методом повного

Національний університет водного господарства та природокористування

окислення і аеробної стабілізації, не мають один перед одним істотних технологічних переваг, тому область застосування цих методів може бути рекомендована тільки виходячи з техніко-економічних показників з урахуванням складності експлуатації.

8.4.3. Установки, що працюють за методом повного окислення

Ці установки розроблені для очисних станцій продуктивністю 12-200 м^3/доб і призначені для повного біологічного очищення побутових та близьких до них за складом виробничих стічних вод.

Установки типу КУ мають маркування КУ-12, КУ-25, КУ-50, КУ-100, КУ-30, КУ-60 та КУ-120. Число позначає розрахункову продуктивність установки в м^3/добу. Установка КУ-12 має механічну аерацію, решта - низьконапірну і пневматичну [6]. Установки з тонкошаровим відстоюванням мають індекси КУ-30, КУ-60 та КУ-120. Всі установки конструктивно виконані у вигляді аеротенків-відстійників з примусовим поверненням активного мулу. Технічні характеристики установок наведені в табл.8.6.

Ці установки розраховані на очистку побутових стоків при нормі водовідведення 200 л/(добу×люд), тобто концентрація забруднень за $БПК_5$ становить 270 мг/л, а за завислими речовинами - 325 мг/л. Аераційна зона розрахована на окислювальну потужність по $БПК_5$, рівну 270 мг/(м^3×добу), при середній дозі мулу 3,5-4 г/л.

Установки продуктивністю 12 і 25 м^3/доб виготовляються на заводі у вигляді єдиного блоку, а продуктивністю 50 і 100 м^3/добу - у вигляді монтажних елементів, розміри і маса яких дозволяють легко здійснювати їх транспортування і складання.

Таблиця 8.6

Технічні характеристики установок КУ з продуктивністю до 120 м^3/добу

Показник	Позначення установки						
	КУ-12	КУ-25	КУ-30	КУ-50	КУ-60	КУ-100	КУ-120
Продуктивність, м^3/доб	12	25	30	50	60	100	120
Кількість монтажних елементів	1	1		2		4	
Умовна кількість мешканців, яких обслуговує установка	60	125	150	250	300	500	600
Висота, м	2,3	3					
Об'єм зони, м :							
- аераційної	13	25	29	50	58	100	116
- відстійної	2,2	5,9	2,5	11,3	5,0	23,6	10
Маса, т	2,7	5,2		8,6	7,4	14,6	12,3
Система аерації	Механіч.	Пневматична і низьконапірна					

Установки типу КУ-12 включають решітки з прозорами 16 мм і ручним

Національний університет водного господарства та природокористування

очищенням або грати-дробарку РД-100 і аеротенк-відстійник, аератор роторного типу діаметром 500 мм і довжиною 2 м з частотою обертання 90 $хв^{-1}$. Зверху установка перекривається щитами.

Принцип роботи установки КУ-12 наступний: стічна вода подається на установку, проходить через решітки з ручною очисткою, де відбувається видалення великих забруднень, очищається в аераційній зоні активним мулом і через систему перегородок надходить у відстійну зону, де активний мул відокремлюється від очищеної стічної рідини. Активний мул, затриманий у відстійній зоні, повертається в аераційну зону через нижню щілину за допомогою лопатевого мулопідйомника [26].

Установки КУ-25...КУ-100 однакового конструктивного виконання з центрально розташованою відстійною зоною мають ширину 6 м і глибину 2,7 м (рис.8.19). Їх продуктивність змінюється залежно від довжини установки, яка збирається з монтажних елементів довжиною 2 м і продуктивністю 25 $м^3$/доб. Передній і задній монтажні елементи мають торцеву стінку і патрубки для впуску і відведення стічних вод. Установка КУ-50 збирається з переднього і заднього елементів, КУ-100 має додатково два середніх [6].

Принцип роботи установок КУ-25...КУ-100 наступний (рис.8.19): стічна вода до надходження на установку пропускається через грати-дробарку РД-100 або дублюючу ручну решітку, потім через вхідний патрубок перетікає по подаючому лотку в два розподільних, що проходять уздовж поздовжніх стінок. З розподільчих лотків через отвори з регульованими трикутними водозливами стоки переливаються в аеротенк-відстійник.

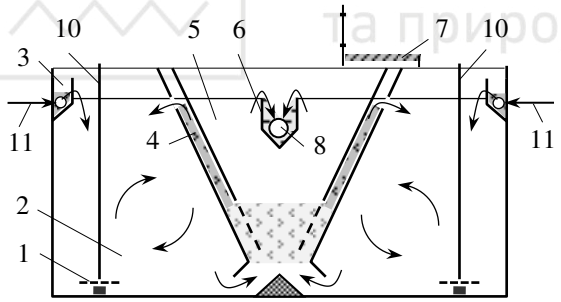


Рис.8.19. Схема установок типу КУ-25 ... КУ-100:
1 - дірчасті труби, 2 - аераційна зона, 3 - розподільний лоток, 4 - ерліфт, 5- відстійна зона, 6 - збірний лоток, 7 - місток для обслуговування, 8- відвідний патрубок, 9 - отвір з регульованим водозливом, 10 - повітропровід, 11 - підвідний патрубок

Аераційні зони розташовані біля поздовжніх стінок. Відстійна зона розташована в центрі установки. Суміш стічних вод і активного мулу надходить через нижню щілину в цю зону, проходить через завислий шар, утворений активним мулом, де відбувається поділ активного мулу та очищеної стічної рідини. Рідина піднімається до поверхні відстійної зони, переливається в збірний лоток і по ньому відводиться з установки, а мул збирається в бункерах відстійної зони і перекачується ерліфтами в аераційні зони.

Надлишковий активний мул періодично (1 раз в 2-4 місяці) видаляється з аераційних зон на мулові майданчики. Для цього в нижній частині установок передбачені патрубки із запірними засувками.

Установки з тонкошаровим відстоюванням КУ-30, КУ-60 та КУ-120 мають бокові зони відстоювання, у верхній частині яких знаходяться нахилені

під кутом 60° до горизонту перегородки, виконані з металевих пластин або жорстких пластмасових матеріалів [26].

Установки типу БІО. Випускаються установки марок БІО-25, БІО-50, БІО-100, БІО-25Т і БІО-50т. Установки виконані в вигляді аеротенка-відстійника, що працює в режимі продовженої аерації (рис.8.20). Система аерації - пневматична. Основні технічні характеристики установок наведені в табл.8.7.

Таблиця 8.7

Технічні характеристики установок типу БІО

Показник	Позначення установки				
	БІО-25	БІО -50	БІО -100	БІО -25Т	БІО -50Т
Продуктивність, $м^3$/доб	15...35	40...75	80...150	15...35	30...70
Кількість монтажних елементів	1	2	3	1	2
Розміри в плані, м	5,6×3,5	11,2×3,5	16,1×3,5	6,0×3,2	11,6×3,2
Висота, м	3,0			2,0	
Об'єм: м					
- аеротенка	28	56	97,4	19	38
- відстійника	10,5	21	21	7	14
Маса, т	5,3	9,25	11,9	3,8	6,7
Установлена потужність, кВт	7,3	9,7	17,6	7,3	9,7
Навантаження за забрудненнями, кг *БПК*	5...11	10...22	17,5..39	3,5...7	7...14

Установки БІО-25, БІО-50 і БІО-100 монтуються з торцевих і середніх секцій. Установки БІО-25Т і БІО-50Т складаються з однієї типової секції, яка під час транспортування може бути розташована на залізничній платформі. Принцип роботи установок БІО: стічна вода біологічно очищується в аераційної зоні, потім надходить через нижню щілину в зону відстоювання, де прояснюється, проходячи через шар активного мулу і потім відводиться через зубчастий водозлив. Активний мул в міру накопичення із зони відстоювання перетікає назад у аераційну зону [6].

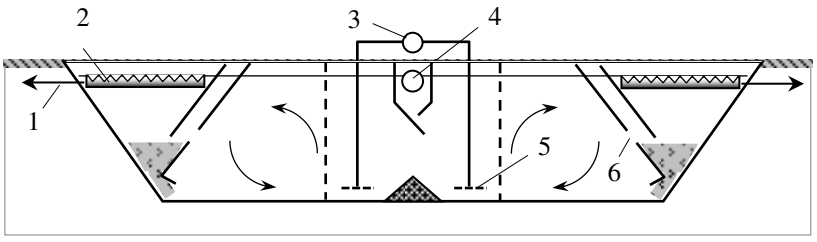


Рис.8.20. Аеротенки-відстійники типу БІО:

1 - відвідна труба, 2 - зубчастий перелив, 3-підведення стиснутого повітря, 4 – підвідна труба, 5 - аератори з дірчастих труб, 6 – регульований отвір

Національний університет водного господарства та природокористування

Установки типу УКО. Розроблено для очищення побутових або близьких до них за складом виробничих стічних вод у кількостях 25, 50 і 100 м^3/добу, $БПК_{повн}$ яких складає 100 ... 1000 мг/л, а вміст завислих речовин - до 3000 мг/л. Вони застосовуються на очисних станціях з пропускною спроможністю 25 ... 300 м^3/добу [7,9].

Установки УКО працюють за принципом повного окислення і представляють собою аеротенки-відстійники з імпеллерним або роторним аератором. Основні технічні характеристики установок наведені в табл.8.8.

Установка УКО-25 обладнана імпеллерним аератором. На вході стоків в установку влаштована решітка з ручною очисткою. Зона відстоювання має завислий шар активного мулу, повернення якого проводиться за допомогою підсосу аератором. Установка виготовляється на місці з двох попередньо заготовлених монтажних елементів.

Таблиця 8.8

Технічні характеристики установок типу УКО

Показник	Позначення установки		
	УКО-25	УКО-50	УКО-100
Продуктивність, м^3/доб	25	50	100
Об'єм зони, м^3:			
- аерації	28,6	40	90
- відстоювання	6,6	20,1	33
- контактного резервуара	1,6		14,3
Марка аератора	АИ-1М		АРН
Потужність електродвигуна, кВт	5,5		10
Маса, т:			
- аератора	0,516	0,516	1,41
- установки	5,1	6,5	17,7
Розміри в плані, м:	6,8×4,4	5×6,7	16,7×5,5
Висота, м	2,5		3,5

Установка УКО-50 (рис.8.21) не має примусового повернення активного мулу. Стоки повинні попередньо пройти механічне очищення на гратах і в пісковловлювачах. Відстійні зони в установці розташовані з боків зони аерації. Повернення активного мулу проводиться через нижню щілину під дією сили тяжіння і підсосу циркуляційного потоку в аераційної зоні.

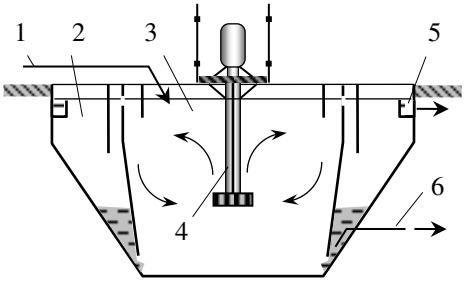


Рис.8.21. Установка УКО-50:
1 - трубопровід подачі стічних вод, 2 - зона відстоювання, 3 - зона аерації, 4 - аератор, 5 - лоток для збору очищених стічних вод, 6 - трубопровід для видалення надлишкового активного мулу

Установка УКО-100 обладнана роторним аератором. До надходження на установку стічні води проходять грати і пісковловлювач, а потім подаються в

аераційну зону. У відстійну зону мулова суміш надходить через щілину, яка утворена двома вертикальними перегородками і виконує роль повітровідокремлювача. Установка збирається з чотирьох монтажних елементів, що зварюються на місці.

У комплект установок УКО-25 і УКО-100 входить вузол знезараження, що складається з контактного резервуара, установки прямого електролізу і випрямляча. В якості знезаражуючого агента можна використовувати і хлор.

8.4.4. Установки, що працюють за методом аеробної стабілізації надлишкового активного мулу

Ці установки (***установки типу КУ***), розроблені для очисних станцій продуктивністю 200, 400 і 700 м^3/добу. На очисних спорудах 400 і 700 м^3/добу монтуються відповідно дві або три секції [6,7].

Установки (рис.8.22) мають вигляд блоку, який об'єднує аеротенк, вторинний відстійник і стабілізатор надлишкового активного мулу. Система аерації - пневматична. Технічна характеристика установок наведена в табл.8.9.

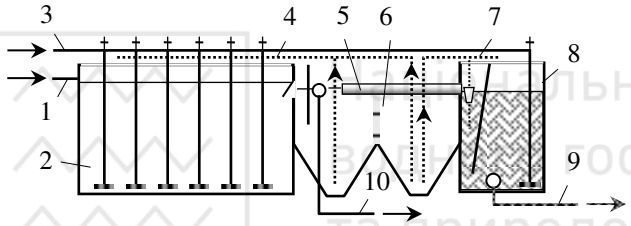


Рис.8.22. Схема установок КУ-200 ... КУ-700:
1 - вхідний патрубок, 2 - аеротенк, 3 - аераційна система, 4 - ерліфт для повернення активного мулу, 5 - збірний жолоб, 6 - відстійник, 7 - ерліфт для перекачування плаваючих речовин, 8 - аеробний стабілізатор, 9 - випуск мулу, 10 - патрубок для відводу очищених стічних вод

Розрахункова концентрація забруднень по $БПК_5$ становить 270 мг/л, по зважених речовинах - 325 мг/л. При вищих концентраціях продуктивність установки повинна бути перерахована. Тривалість перебування стоків при їх максимальному припливі становить: у аеротенках - 9 годин, у вторинному відстійнику - 1,5 години. Час перебування надмірного активного мулу в стабілізаторі - від 6,5 до 7,5 годин. Кількість мулу - 360 г/м^3 стоків.

Розрахункові показники очищених стічних вод становлять за $БПК_5$ і завислими речовинам -15 мг/л.

Аеротенк має форму квадратного у плані резервуара, по дну якого прокладені чотири нитки перфорованих труб. Уздовж однієї зі сторін розташований лоток подачі стічних вод з чотирма трикутними регульованими водозливами. З протилежного боку є затоплені вікна для подачі стоків на відстійник. Відстійник - вертикального типу, без центральної труби. Конструкція аеробного стабілізатора аналогічна конструкції аеротенків.

Принцип роботи установки: стічні води, проходячи через грати-дробарку, розташовану поза установкою, надходять у вхідний лоток, розподіляються за допомогою водозливів на чотири частини і потрапляють в аеротенк-змішувач. З аеротенка суміш активного мулу та стічних вод через затоплені вікна

Національний університет водного господарства та природокористування

надходить у простір, відокремлений у відстійнику перегородкою, за яким спускається в нижню частину робочої зони відстійника. Прояснена стічна рідина збирається лотками і відводиться з установки. Активний мул з приямків відстійника перекачується ерліфтами в аеротенк. Періодично включаються ерліфти, які перекачують надлишковий активний мул в стабілізатор.

Таблиця 8.9

Технічні характеристики установок типу КУ з пневматичною аерацією продуктивністю 200...700м^3/доб

Показник	Позначення установки		
	КУ-200	КУ-400	КУ-700
Продуктивність, м^3/доб	200	400	700
Кількість монтажних елементів	1	2	3
Умовна кількість мешканців, що обслуговуються установкою	1000	2000	3500
Розміри секцій в плані, м	6×14		
Висота, м	3		
Об'єм, м:			
- аеротенка	100	200	300
- відстійника	30	60	90
- стабілізатора	90	180	270
Маса, т	22	44	66
Установлена потужність електрообладнання, кВт	26	35	44
Марка повітродувок	1А21-80-2А	1А21-80-2А	1А24-50-2А
Кількість повітродувок	3	4	3

Надходження в стабілізатор свіжих порцій активного мулу зумовлює відведення такого ж об'єму води з відстійної зони стабілізатора, яка відводиться разом з очищеними стічними водами з установки, знезаражується і скидається у водойму. Період між вивантаженням обробленого активного мулу з стабілізатора становить орієнтовно 7-10 діб.

Установка очищення стоків „Bioblok". Очищення стічних вод в установці "Bioblok" протікає за спрощеним способом застосування активного мулу [22].

Очисні споруди встановлені на поверхні землі, тому повинні мати надійну термоізоляцію.

Установки типу "*Bioblok*" спроможні забезпечити високий рівень очищення стічних вод – $БПК_5$ знижується приблизно на 97%. Проте ефективність роботи установки значною мірою залежить від рівномірності притоку і якості стічних вод, що подаються на очищення. Зміна цих параметрів може зумовити погіршення процесу осідання мулу і збільшення маси завислих речовин в очищених стічних водах. Ще однією причиною погіршення процесу згущення мулу є тривалий процес насичення стоків повітрям впродовж роботи механічних аераторів, що зумовлює надмірне подрібнення мулу.

Для поліпшення седиментаційних властивостей мулу застосовують режим періодичної роботи механічного аератора.

Національний університет водного господарства та природокористування

Ефективна робота установки "*Bioblok*" потребує постійного кваліфікованого обслуговування, і надійного постачання електроенергією (робота аераторів, рециркуляція). Робота аератора є найбільш енергоємним рішенням такої установки.

Установка типу "Miniblok". Така установка працює за схемою спрощеного використання активного мулу і призначена для очищення стоків молочної промисловості (рис. 8.23). Продуктивність установки змінюється в широкому діапазоні і може сягати 4-190 м^3/добу.

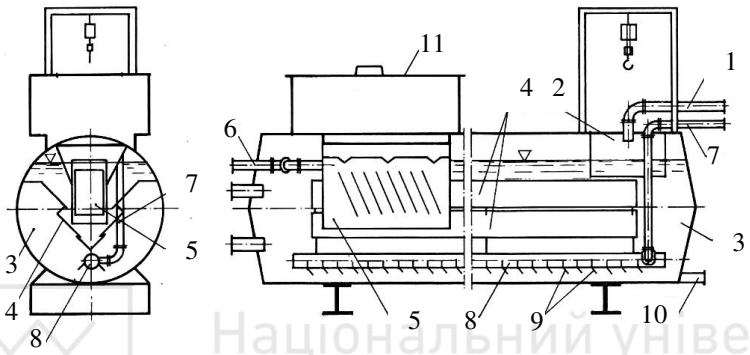


Рис. 8.23. Технологічна схема установки "Miniblok" [22]:
1 – подача стічної води, 2 – грати, 3 – аеротенк, 4 – направляючі, 5 – відстійник, 6 – відведення очищених стоків, 7 – подача стиснутого повітря, 8 – трубопровід розподілу повітря, 9 – форсунки, 10 – скид, 11 – люк

Національний університет водного господарства та природокористування

Ефективність технологічних рішень і конструктивних параметрів таких установок доволі високі. Основним елементом установки є корпус діаметром 1,8-2,8 м (в залежності від продуктивності установки) і довжиною 6-24 м. В корпусі установки розміщено блок аерації, а також всі елементи, необхідні для її роботи. У нижній частині корпуса розташовано аераційний трубопровід.

Очищення стічних вод в установці безперервної дії "*Miniblok*" полягає в наступному. Стічні води після грат поступають в аеротенк, де відбувається їх біохімічне очищення. Притік суміші стічних вод і мулу до відстійника відбувається від дна, в той час як очищені стічні води відводяться з верхньої частини відстійника. Мул сповзає під дією сил гравітації безпосередньо до камери аерації.

Установка очищення стічних вод "Klarblok". Продуктивність такої установки змінюється в широкому діапазоні і складає 25-25000 м^3/добу.

В конструктивному виконанні установки великої і малої продуктивності досить подібні між собою, усі вони мають круглу в плані форму, поділені внутрішніми стінками на камери з різними функціями. Концентрично до зовнішніх стін в центрі розташовано круглий вторинний вертикальний відстійник, обладнаний механізмом згрібання осаду (рис. 8.24).

Національний університет водного господарства та природокористування

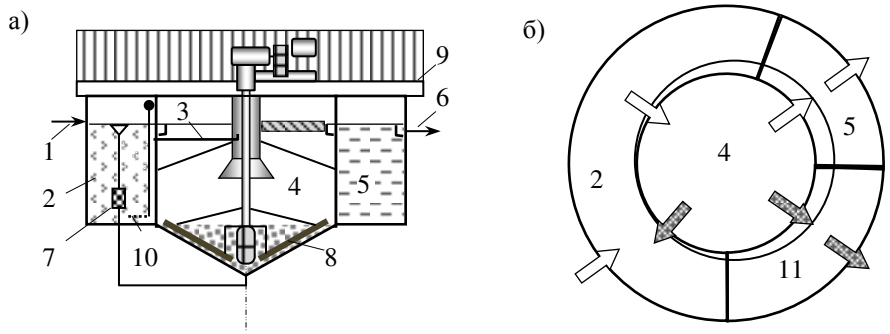


Рис. 8.24. Загальна технологічна схема установки "*Klarblok*" :
а) поперечний переріз, б) функціональна схема
1 – подача стічної води, 2 – аеротенк, 3 – відведення стоків з аеротенка в вторинний відстійник, 4, 5 – камера очищених стоків, 6 – відведення очищених стічних вод, 7 – грязьовий насос для перекачування мулу, 8 – гребки, 9 – настил, 10 – система аерації, 11 – камера стабілізації мулу

Кільце між зовнішньою стіною і стіною відстійника (рис.8.24) поділене на:

- камеру аерації (аеротенк),
- камеру кисневої стабілізації надмірного мулу,
- камеру очищених стоків, в якій можна проводити їх дезінфекцію.

Установка може виконуватися з металу або залізобетону.

Очищення стічних вод в установці "*Klarblok*" протікає також за участю активного мулу за спрощеною схемою на рис 8.15а

Перед надходженням в установку стічні води повинні проходити грати з малими прозорами поміж робочими стержнями. Позбавлені грубих домішок стічні води потрапляють в аеротенк, а після нього – у вторинний відстійник і через камеру відведення стоків відводяться до приймача. Осад, що осів на дні відстійника, згрібається в бункер, звідки він повертається в аеротенк або в стабілізатор надлишкового мулу.

Для ефективної роботи згадана установка вимагає рівномірного притоку стічних вод, безперебійного енергоживлення, ефективного перемішування стічних вод з активним мулом. Окрім того, установка "*Klarblok*", як і "Bioblok", достатньо чутлива до надмірного охолодження води в зимовий період, що негативно позначається на широкому її застосуванні в схемах очищення стоків в сільській місцевості.

Очисна установка типу BOS. Продуктивність установки біологічного очищення стічних змінюється в межах 25...500 м^3/добу [19,22]. Основними елементами такої установки (рис. 8.25) є грати, аеротенк, вертикальний вторинний відстійник, ерліфт для рециркуляції мулу, камера знезаражування, камера стабілізації і згущення надлишкового активного мулу, повітродувки. Усі складові установки зблоковані.

Очисна установка розташовується в будівлі з метою захисту від атмосферних впливів. Будівля не потребує обігріву навіть у гірських умовах.

Національний університет водного господарства та природокористування

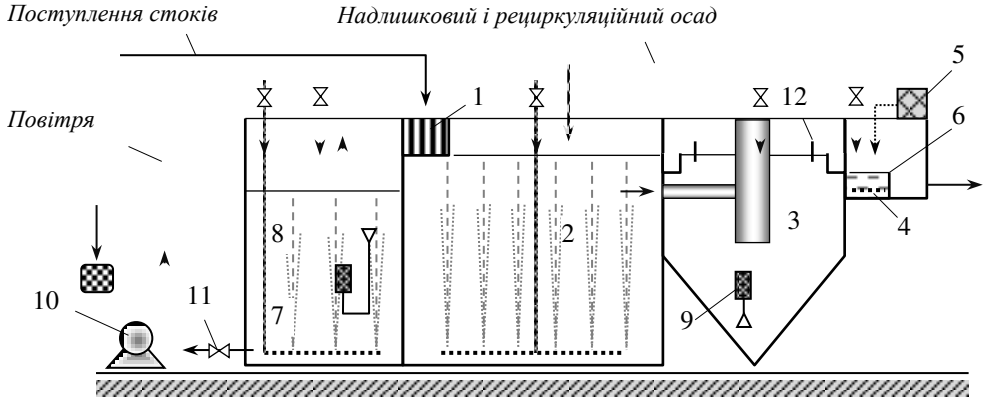


Рис. 8.25. Схема очисної установки (типу BOS) для очищення стічних вод:
1 - грати, 2 - аеротенк, 3 - вторинний відстійник, 4 - контактна камера, 5 - хлоратор, 6 - вимірювальний перелив, 7 - камера стабілізації мулу, 8 – ерліфт для перекачування води, 9 - ерліфт для рециркуляції мулу, 10 - вентилятор, 11 – відведення мулу після стабілізатора, 12 - перегородка утримання шламу

З метою забезпечення безперервної роботи установка потребує безперебійного енергопостачання. Максимальна потужність обладнання змінюється зі зміною продуктивності і сягає 9-46 кВт.

Установкам типу BOS притаманна висока ефективність очищення стічних вод (ефективність за $БПК_5$ ≈95%). Для справної їх роботи регламентом експлуатації слід передбачити наступні щоденні операції:

- очищення грат (2 рази на день),
- миття переливів (раз в 2-3 дні),
- видалення надлишкового мулу (залежно від навантаження),
- регулювання подачі повітря (3 рази на день).

Очисна установка типу "Sebiofikom." Технологія біологічного очищення стічних вод "Sebiofikon", будучи модифікацією японської „Bando", поєднує в собі переваги технологій, базованих на застосуванні активного мулу і полів фільтрації. Тут використовуються як аеробні, так і анаеробні мікроорганізми, що сприяє більш ефективному очищенню стічних вод. Процес очищення стічних вод складається з трьох етапів (рис. 8.26).

Перший етап – первинне відстоювання. В відстійнику затримуються домішки, питома маса яких відрізняється від густини води. Об'єм відстійника повинен в 3-4 рази перевищувати об'єм біореактора з зануреним шаром. Застосування первинного відстійника є однією з відмінностей технології "Sebiofikon". Первинний відстійних забезпечує більш ефективну роботу зануреного шару, запобігаючи його замулюванню та сприяє зростанню продуктивності очисних споруд.

Другий етап – мінералізація біологічних домішок в аеробних умовах. У реакторі з зануреним шаром відбувається аерація стоків, що сприяє розвитку біоценозу та формуванню біоплівки на поверхні зануреного поруватого полімерного заповнення. Полімерне заповнення виконується у вигляді

полімерної сітки, питома площа поверхні якої становить 100-120 $м^2/м^3$. З метою збільшення шляху руху води в реакторі влаштовано ряд поперечних перегородок. Завдяки цим перегородкам відбувається зростання швидкості руху води, що запобігає осіданню забруднень і часток відірваної біоплівки. Тривалість перебування води в реакторі сягає 12-15 год [17,22].

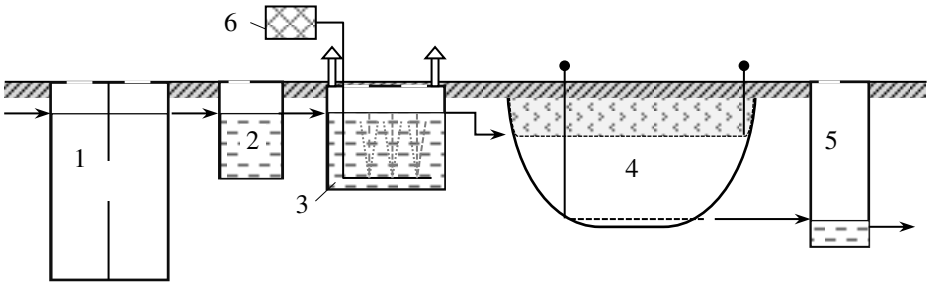


Рис. 8.26. Поздовжній переріз по осі очисних споруд "Sebiofikon":
1 - двокамерний септик, 2 – вимірювально-роздільчий колодязь, 3 - реактор з зануреним шаром, 4 – поля фільтрації (грунтовий фільтр), 5 – контрольний колодязь, 6 - повітродувка

Третій етап – доочищення стічних вод на полях фільтрації. Стічні води з реактора через трубопровід і перфоровані розподілювачі поступає на поля фільтрації [13,23]. На полях фільтрації відбувається доочищення стічних вод від залишків органічних забруднень і хвороботворних бактерій. Очищена вода через дренажну систему відводиться в приймач [25].

Деякі технічні відомості про установку „*Sebiofikon*" продуктивністю 10 $м^3$/доб:

- встановлена потужність 1 kW,
- маса реактора з заповненням 600 – 700 кг,
- площа ділянки під усю технологічну схему, 2,5 м х 60 м = 150 $м^2$,
- тривалість монтажу (без земляних робіт) 6 днів,
- тривалість досягнення ефективної роботи (розвиток біологічної плівки) до 3 місяців.

Установка „*Sebiofikon*" забезпечує високу ефективність очищення стічних вод, величина якої за $БПК_5$ сягає 94 – 98%.

8.5. Приклади технологічних схем очищення стічних вод

На рис.8.27 і 8.28 наведено кілька варіантів досить традиційних технологічних схем очищення стічних вод, які застосовуються в ряді малих населених пунктів з витратами від 700 до 6000 $м^3$/добу [4,15].

Відмінною особливістю схеми «а» на рис.8.27 є наявність в ній двоярусного відстійника, який виконує дві функції: прояснює стоки перед біофільтрами і служить для сумісної обробки осаду, подрібнених відходів з решіток і надлишкової біоплівки. У схемі «а» на рис.8.28, розрахованій на приблизно таку ж продуктивність, біофільтр замінений на аероокислювач (аеротенк на

повне окислення). Для забезпечення глибокого очищення передбачені два каскади біоставків. Крім цього, для обробки активного мулу передбачений аеробний стабілізатор.

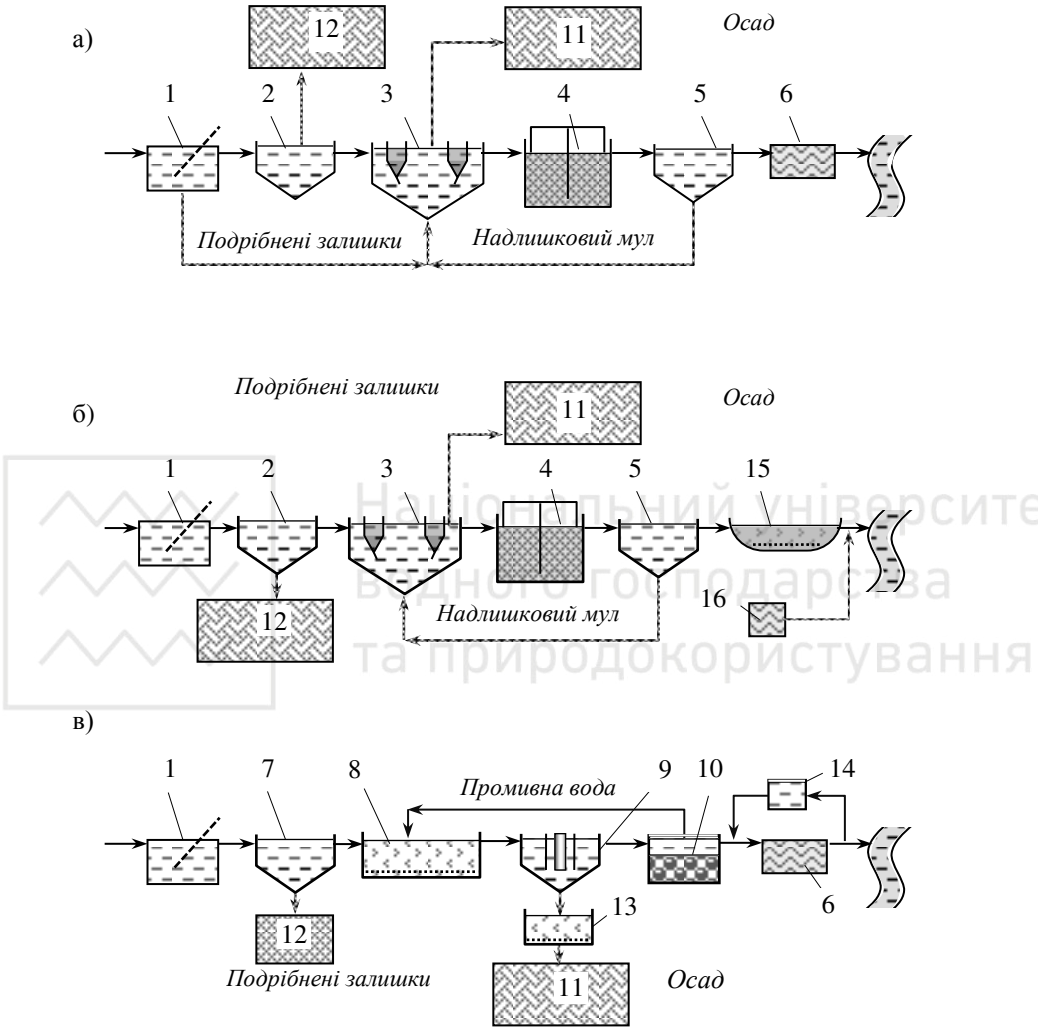
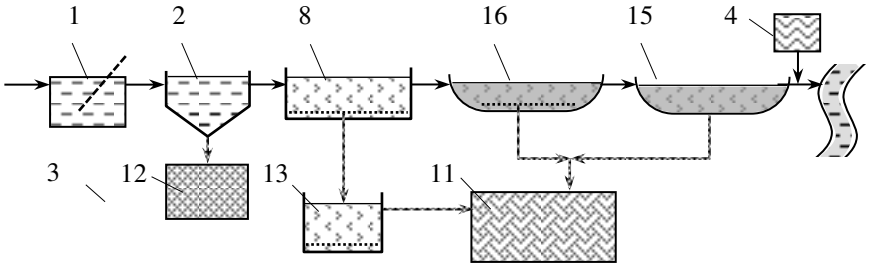


Рис. 8.27. Технологічні схеми станцій очищення стічних вод населених пунктів продуктивністю 700-1400 м^3/добу:
а - 700м^3/доб, б - 1000м^3/ доб, в - 1400м^3/ доб

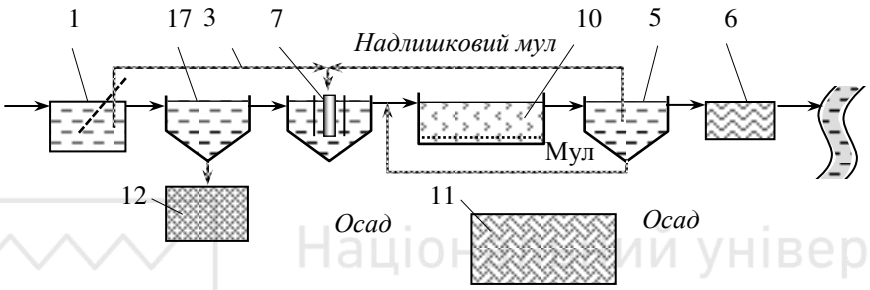
СВ - надходження стічних вод на очищення. 1 - решітки, 2 - горизонтальні пісковловлювачі з прямолінійним рухом води, 3 - двоярусні відстійники, 4 - біофільтри, 5-вторинні радіальні відстійники, 6 - блок знезараження, 7 - тангенціальні пісковловлювачі, 8 - аероокислювачі, 9 - вторинні вертикальні відстійники, 10 - каркасно-засипні фільтри, 11 - мулові майданчики, 12 - піскові майданчики, 13 - аеробний стабілізатор, 14 - резервуар промивної води, 15 - біоставки з природною аерацією, 16 – хлораторна

Національний університет водного господарства та природокористування

а)



б)



в)

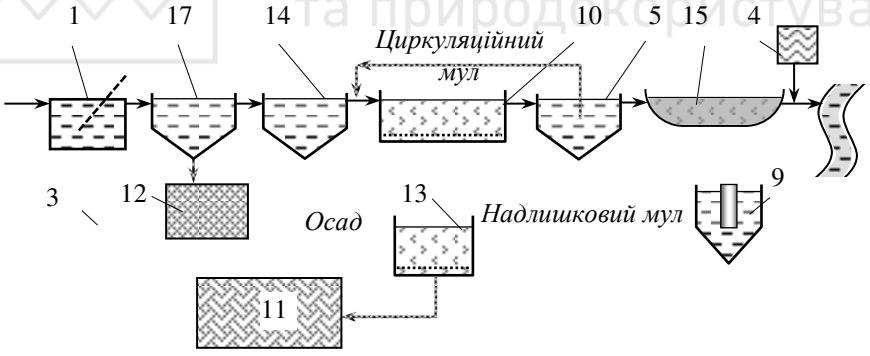


Рис. 8.28. Технологічні схеми станцій очищення стічних вод населених пунктів продуктивністю 800-6000 м^3/добу:
а - 800 м^3/добу, б - 3000 м^3/доб, в - 6000 м^3/доб

СВ – надходження стічних вод на очищення. 1 – решітки, 2 – горизонтальні пісковловлювачі з прямолінійним рухом води, 3 – подрібнені залишки, 4 – хлораторна, 5 –вторинні радіальні відстійники, 6 – блок знезараження, 7 – прояснювачі-перегнивачі, 8 – аероокислювачі, 9 – вертикальний мулоущільнювачі, 10 – аеротенки, 11 – мулові майданчики, 12 – піскові майданчики, 13 – аеробний стабілізатор, 14 – первинні радіальні відстійники, 15 – біоставки з природною аерацією; 16 – біоставки зі штучною аерацією, 17 – горизонтальні пісковловлювачі з круговим рухом води

Національний університет водного господарства та природокористування

Схема «а» на рис.8.27 практично збігається зі схемою «б», відмінність - передбачені біоставки з природною аерацією для доочищення стоків перед їх скиданням. У схемі «в» на рис.8.27 в якості споруд штучного біологічного очищення використовується аероокислювач, а для доочищення - каркасно-засипні фільтри. Для стабілізації трьох видів осадів у схемі застосовується аеробний стабілізатор.

У схемі «б» на рис.8.28 замість первинного відстійника запроектований прояснювач-перегнивач, який служить одночасно і для зброджування осадів що утворюються на станції. Для біологічного очищення застосовуються аеротенки.

У схемі «в» на (рис.8.28) очисної станції, яка розрахована на найбільші витрати, застосовані проектні рішення є традиційними для станцій на велику продуктивність з доочищенням.

У всіх схемах для знезараження використовується хлорування води, для зневоднення стабілізованого осаду - мулові майданчики.

8.6. Джерела утворення, характеристика та прийоми очищення стічних вод тваринницьких комплексів та птахофабрик

На тваринницьких комплексах великої рогатої худоби і свиней утворюються наступні види стічних вод: гнойові, виробничі (забруднені і незабруднені), дощові (забруднені і малозабруднені) і побутові [17]. На птахофабриках утворюються стічні води тих же видів, за винятком гнойових.

Гнойові стічні води відводяться безпосередньо з приміщень для утримання тварин через канали з щілинним покриттям або по поверхні підлоги при безканальній системі.

Забруднені виробничі води на тваринницьких комплексах утворюються на бійнях, у ветеринарно-санітарних пропускниках, карантинних приміщеннях, при мийці коренеплодів для приготування корму, на доїльних майданчиках, заправочних пунктах.

На птахофабриках (розведення курей яєчного і м'ясного напрямку, качок, гусаків, індичок) забруднені виробничі стічні води утворюються при митті устаткування, тари, підлог пташників, у цехах забою птахів, в інкубаторах, при обробці тушок, утилізації відходів і т.д. Видалення екскрементів на птахофабриках передбачається в основному механічним способом з наступною тепловою або біотермічною обробкою його для використання як добриво. У каналізацію попадають лише залишки екскрементів.

Незабруднені виробничі стічні води на розглянутих об'єктах виділяються від охолоджених систем компресорів, холодильних установок, димосмоків і т.д.

Забруднені дощові стічні води утворюються на відкритих площадках, де знаходяться тварини, на постійних стоянках автотранспорту та іншого технічного устаткування.

Об’єми стічних вод залежать від виду виробництва, застосовуваних систем видалення екскрементів, кількості утримуваних тварин тощо (табл..8.10).

Національний університет водного господарства та природокористування

Таблиця 8.10

Питомий вихід і характеристика екскрементів на тваринницьких комплексах і птахофабриках

Вид виробництва	Кількість екскрементів, кг/доб на 1 голову	Загальний азот N	Фосфор (P_2O_5)	Калій (K_2O)	*ХПК*, кг O_2/доб	$БПК_{повн}$ кг O_2/доб
		кг/доб				
		на 1 голову скота або птаха				
Комплекс з відгодівлі та вирощування свиней	4,5	0,027	0,011	0,013	0,55	0,46
Комплекс великої худоби	18	0,08	0,05	0,08	2,9	0,9 – 1
Відгодівельно-молочний	55	0,246	0,15	0,238	9	2,7 – 3
Птахофабрика з розведення курей	0,03 – 0,3	0,0004 – 0,004	0,00024 – 0,0024	0,00015 –0,0015	0,01 – 0,1	0,004 – 0,04

Примітки: 1. Поголів'я свиней, що утримуються на комплексі, відповідає приблизно 70% продуктивності комплексу в рік.

2. При стійло-пасовищному утриманні тварин вихід екскрементів у пасовищний період приймають рівним 50% від розрахунку, приведеного в таблиці, а при вигульному – 85%.

Для тваринницьких комплексів, як правило, приймають повну роздільну систему каналізації з влаштуванням мереж гнойових, виробничо-побутових і дощових стічних вод, окремо для вод з високими концентраціями забруднень (забруднених) і низькими концентраціями (малозабруднених).

Гнойові стічні води свинокомплексів подають у резервуар-усереднювач а потім перекачують на споруди для відділення піску (гідроциклони, пісковловлювачі). Для затримки крупних домішок і щетини воду направляють на дугові, барабанні сита або віброгрохоти і далі для поділу на фракції подають на вертикальні, горизонтальні або радіальні відстійники, розраховані на 2 – 3 – годинний притік води. Ефект прояснення за завислими речовинами досягає 70 – 80%. Кут нахилу днища відстійника, якщо він не обладнаний скребковим механізмом, приймають не меншим 60°, Випуск осаду з відстійників проводять через 3 – 4 год.

Зневоднювання осаду можливо із застосуванням осадових і фільтруючих центрифуг, віброгрохотів, шнекових пресів та інших аналогічних пристроїв. Вологість зневодненого осаду 70 – 80%.

Отриманий кек знезаражується в процесі біотермічного процесу на площадках із твердим покриттям впродовж 1 місяця влітку і 2 місяців узимку і вноситься в ґрунт розкидувачами твердих органічних добрив.

Рідку фракцію з відстійників і фільтрат після механічного зневоднювання осаду подають у карантинні ємності, розраховані на 10-добове збереження маси (6-добове витримування і 4-добове знезаражування), а потім перекачують

Національний університет водного господарства та природокористування

у дво- трисекційні та дво- триступінчасті сховища, розраховані на піврічне накопичення, після чого вносять у ґрунт як органічні добрива зрошувальними системами й установками.

Для свинокомплексів продуктивністю 12 і 24 тис. голів у рік замість зазначених вище відстійників можуть застосовуватися відстійники-накопичувачі періодичної дії, що представляють собою відкриті прямокутні облицьовані бетоном басейни, обладнані донним дренажем, переливними пристроями і шандорними водоскидами. Відстійники-накопичувачі забезпечують ефект прояснення за завислими речовинами до 80 – 90%, по *БПК* – до 60 – 65%.

Для скорочення термінів збереження гнойових стічних вод з метою знезаражування можливе застосування термічної або хімічної (водний розчин формальдегіду й ін.) обробки.

На відміну від попередньої схеми очистки стоків можливе використання рідкої фракції гною від свинокомплексів у рибоводно-біологічних ставках [17]. В цьому випадку стічну рідину з відстійників направляють в аеробний ставок-нагромаджувач (працюючий цілий рік) і далі послідовно ще на три ступені ставків: водоростевий, рачковий, рибоводний (що працюють у теплий час року); потім в акумулятор чистої води. Частину очищеної води піддають знезаражуванню і використовують для змиву гною в каналах свинарників, іншу воду направляють на зрошення сільськогосподарських угідь [14].

В практиці очистки стоків свинокомплексів нерідко прояснені стічні води після відстійників подають на двоступінчасті аеротенки-змішувачі продовженої аерації (2,5 – 3 доб) з наступною доочисткою у біологічних ставках або на піщаних фільтрах і обробкою озоном (рис. 8.29).

Частину очищених стічних вод можна використовувати для змиву гною в каналах свинарників; основний об’єм води направляють на зрошення сільськогосподарських угідь або скидають у водойму.

Доочистку стічних вод свинокомплексів після біологічної очистки можуть проводити сумісно з стічними водами населених місць. При змішуванні стічні води свинокомплексів після біологічної очистки повинні мати $БПК_{пов}$ приблизно 75 мг O_2/л, а кількісне їхнє співвідношення з побутовими стічними водами повинне бути не менш 1:20.

Надлишковий активний мул можна обробляти в аеробних стабілізаторах (до 15 діб). Стабілізований мул ущільнюється у відстійниках: мулова вода повертається на аеротенки, а ущільнений мул підсушується на мулових площадках і потім використовується на полях під оранку; дренажні води з площадок повертають на очисні споруди [14].

Описану схему біологічного очищення застосовують у випадках, коли відсутні умови для використання рідкої фракції гнойових стічних вод для зрошення.

Гнойові стічні води комплексів великої рогатої худоби перекачують на установку для поділу їх на фракції (центрифуги, віброгрохоти, шнекові преси та інше аналогічне устаткування). Отриману тверду фракцію гною вологістю 80% витримують у буртах (біотермічна обробка) впродовж 1 місяця влітку і 2

Національний університет водного господарства та природокористування

місяців узимку і потім вносять у ґрунт як органічне добриво.

Рідку фракцію гною подають у карантинні ємності, розраховані на 10-добове збереження маси (шестидобове витримування і чотиридобове знезаражування), і потім вивозять або перекачують у дво- трисекційні і дво-триступінчасті сховища, розраховані на піврічне витримування. Після природного знезаражування і дегельмінтизації рідину використовують як органічні добрива.

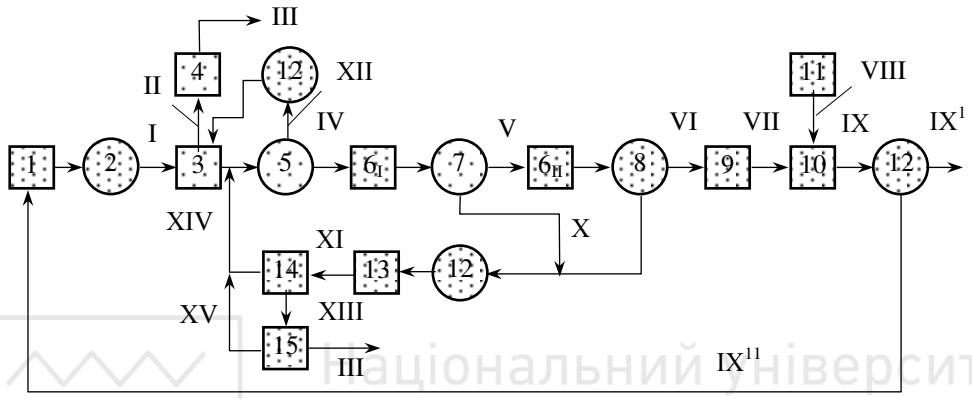


Рис. 8.29. Схема біологічного очищення гнойових стічних вод на свинокомплексах:
1 – приміщення, де знаходяться тварини; 2 – резервуар-усереднювач з каналізаційною насосною станцією; 3 – споруди для відділення піску, великих включень і щетини; 4 – площадка з твердим покриттям; 5 – первинні відстійники; 6_I – і 6_{II} – аеротенки I і II ступенів; 7 – вторинні відстійники; 8 – третинні відстійники; 9 – піщані фільтри або біологічні ставки доочищення; 10 – контактний апарат озонування стічних вод; 11 – озонаторна; 12 – каналізаційна насосна станція; 13– аеробний стабілізатор; 14 – відстійник-мулоущільнювач; 15 – мулові майданчики; I – гнойові стічні води; II – тверда фракція гнойових стічних вод; III – осад на вивіз; IV– рідка фракція гнойових стічних вод; V – стічні води, очищені на аеротенках I ступеня; VI – стічні води, очищені на аеротенках II ступеня; VII – стічні води, доочищені на піщаних фільтрах або в біологічних ставках; VIII – озоноповітряна суміш; IX – стічні води, що пройшли доочистку, дезодорацію і знезаражування озонуванням (IX^1 – направляються на зрошення або скидаються у водойму; IX^{11} – направляються на повторне використання); X – надлишковий активний мул із вторинних і третинних відстійників; XI – стабілізований надлишковий активний мул; XII – мулова вода; XIII – ущільнений надлишковий активний мул; XIV – осад з первинних відстійників; XV – дренажна вода.

Очистку виробничо-побутових стічних вод тваринницьких промислових комплексів і птахофабрик проводять на спорудах повної біологічної очистки (у природних або штучних умовах).

Дощові стічні води з територій, де знаходяться тварини і птиця (вигульні, моціонні майданчики і т.п.) варто відстоювати, а потім збирати в ємності для подальшого використання або направляти на очистку в залежності від місцевих умов. У випадку використання рідкої фракції гною для зрошення сільськогосподарських угідь прояснені дощові води застосовують для її розведення.

Національний університет водного господарства та природокористування

Осад з відстійників можна подавати в ємності твердої фракції гною або на механічне зневоднювання.

При відсутності полів зрошення і наявності каналізаційних очисних споруд виробничо-побутових стічних вод можлива подача на них (невеликими порціями) дощових вод, забруднених гноєм. У цьому випадку розрахунок ємностей варто вести на максимальне добове багаторічне (10 – 20 років) випадання осадів. Об'єм гною, що змивається в дощову каналізацію після сухого прибирання площадок, де перебувають тварини, варто приймати в межах 10 – 30% розрахункової кількості гною на площадках.

8.7. Утилізація гною і гноївки ферм

8.7.1. Характеристика гноївки

На фермах сільського господарства накопичуються значні об'єми стічних вод та гною, якість і кількість яких значною мірою залежить від типу тварин, умов їх утримання, складу кормів, режиму харчування тощо [28]. Неефективні прийоми утилізації таких стоків призводять до забруднення підземних вод, незадовільних санітарно-гігієнічних умов для працюючого персоналу, погіршення екологічного стану довкілля.

Поширення безпідстилочної технології в тваринництві зумовило пошук рішень з безпечного використання гною. Гноївка складається з суміші гною - кал і сеча - та технологічної води із залишками корму. Щоденна вага гноївки на умовну одиницю худоби становить 45 кг. Кількість гноївки можна визначити за даними таблиці 8.11 та з урахуванням технологічних витрат води. Раціональне використання технологічної води не повинне перевищувати 10 $дм^3$/доб на умовну одиницю худоби (УОХ). У випадку з молочними коровами маса технологічної води становить 70% від маси гноївки, тим самим добова маса гноївки сягає 51-76 кг/гол. На практиці гноївка має різну консистенцію: густа гноївка – вміст сухої речовини ≥ 8% і рідка - вміст сухої речовини менше 8% [22]. Останнє значення є характерним для гноївки з промислових ферм великої рогатої худоби.

Таблиця 8.11

Кількість відходів від домашніх тварин

Тварини	Кількість відходів, кг/(гол×доб)		
	Екскременти	Сеча	Разом
Велика рогата худоба:			
– телята	6,0 – 9,6	4,0 – 6,4	10,0 – 16,0
– молодняк $1^1/_2$ – 2 років	9,6 – 12,0	6,4 – 8,0	16,0 – 20,0
– молодняк віком понад 2 роки	12,0 – 16,8	8,0 – 11,2	20,0 – 28,0
– бики	10,0 – 20,4	7,2 – 13,6	18,0 – 34,0
– корови	20,0 – 30,0	10,0 – 15,0	30,0 – 45,0
Свині			
– початкова відгодівля	1,2 – 1,7	1,8 – 2,5	3,0 – 4,2
– середня відгодівля	1,4 – 1,9	2,2 – 2,9	3,6 – 4,8
– кінцева відгодівля	1,6 – 2,0	2,4 – 3,0	4,0 – 5,0

Національний університет водного господарства та природокористування

Загрозою для навколишнього середовища є склад гноївки параметри якого наведено в таблиці 8.12. Насправді, склад гноївки може бути найрізноманітнішим залежно від технології вирощування тварин, їх віку, типу і складу харчування, кваліфікації і дисципліни персоналу і т.п. Тому в кожному випадку, при розробці проектних рішень слід користуватися відомостями про склад гноївки за репрезентативними зразками гноївки.

Таблиця 8.12

Середній за основними показниками хімічний склад гноївки з промислових ферм [22]

Показник	Гноївка великої рогатої худоби		Гноївка свиней	
	Середня густота	Рідка	Середня густота	Рідка з малих ферм
pH	7,5	7,7	7,3	7,3
Загальна суха маса, г/м^3	105000	65000	80000	55650
Суха маса органічна, г/м^3	80000	38000	58000	43070
Суха маса мінеральна, г/м^3	25000	17000	22000	12580
БПК$_5$, O_2 г/м^3	16800	9000	16000	13800
ХПК, *O*$_2$ г/м^3	32600	23000	26000	25500
Азот загальний *N*, г/м^3	4400	3100	4800	4600
Азот амонійний NH_3, г/м^3	2100	1700	2650	2500
Фосфати P_2O_5, г/м^3	2500	800	3500	2500
Оксид калію K_2O, г/м^3	5000	3500	4600	2900
Оксид кальцію CaO, г/м^3	1500	1800	2800	1200
Оксид магнію MgO, г/м^3	730	900	900	600
Оксид натрію Na_2O, г/м^3	780	700	800	430

Гноївка містить значну кількість продуктів травлення, різні метаболіти, що виділяються з організму, мінерали, макро- і мікроелементи, включно з іонами важких металів. Крім того - це зручне середовище існування для різних мікробів включно з хвороботворними, вірусів, а також різних форм паразитів.

Кількість мікроелементів у гноївці є дуже мінливою і сильно корелює з вмістом сухої речовини. Гноївка великої рогатої худоби містить в сухій масі 114 проміле заліза, 26,8 проміле цинку, 16,5 проміле марганцю, 2,9 проміле міді, 0,085 проміле молібдену. У гноївці міститься значна маса різних хімічних речовин, що виводиться з організму тварин, присутні фармакологічні препарати із груп антибіотиків, протигрибкові препарати, препарати для боротьби з паразитами, психотропні гормони, ферменти, стимулятори, дезінфектанти тощо.

Концентрації забруднюючих речовин, що скидаються з побутово-господарськими стічними водами, мають невеликі значення в порівнянні зі стоками від тваринництва (таблиця 8.13) [22]. При співставленні наведених даних є очевидним, що добова величина *БПК*$_5$ від корів масою в 500 кг с співмірною з *БПК*$_5$, що формується від 15 еквівалентних жителів (15 ЕЖ). *БПК*$_5$ від умовної одиниці худоби (УОХ) на великому виробничому комплексі

Національний університет водного господарства та природокористування

відгодівлі свиней відповідає $БПК_5$ 22 ЕЖ, умовної тварини птахофабрики – 28 ЕЖ тощо. Різниця в кількості стічних вод. Так, кількість побутово-господарських стоків в 4 разів більшою від кількості стоків від великої рогатої худоби і свиней (у перерахунку на ЕЖ і УОХ).

Таблиця 8.13

Добова кількість забруднень в гноївці з ферм перерахунку на умовну одиницю худоби (УОХ) і еквівалентного жителя (ЕЖ)

Показник	Одиниця	Худоба	Свині	Птиця	Еквівалентний житель
Об'єм стоків	$дм^3$/доб	38	33	20 – 25	120 – 180
Суха маса	кг	3,8	4,3	6,5 – 7,5	0,180
$БПК_5$	кг	0,9	1,3	1,5 – 2	0,06
Загальний азот	г	190	265	250 – 400	13
Фосфор	г	34	85	125 – 150	4.9
Поташ	г	200	100	125 – 150	5,0

8.7.2. Утилізація гноївки в ґрунті

Гноївка розглядається насамперед як природне добриво, отже, звідси випливає доцільність її використання в землеробстві. З досвіду випливає, що незалежно від дози гноївки найкраще засвоюються фосфати і $БПК_5$.

Ґрунти, завдяки кореневій системі рослин, зумовлюють ефективне зниження в гноївці вмісту патогенних мікроорганізмів. Найбільш важливим фактором, який сприяє цьому, є антагонізм ґрунтової мікрофлори. Проте, у разі використання гною для добрива під постійні пасовища, особливо пасовища, найкраще, з огляду на зоогігієнічні причини, застосовувати його у збродженому вигляді. Найдешевший спосіб ліквідації певних форм паразитів, що містяться в гноївці, є термічна її обробка, яка може бути досягнута за тривалого зберігання гноївки в закритих ємностях. В цих умовах спостерігається відмирання найпростіших, ембріонів черв'яків і личинок різних паразитів. Крім того, ефективною є термофільна стабілізація гноївки за підвищених тисків. Дози, які можна використовувати на полях, не викликаючи забруднення ґрунту та ґрунтових вод, багато в чому залежить від типу ґрунту. Для легких ґрунтів максимальна річна доза гною не повинна перевищувати 200 $м^3$/га, для ґрунтів середньо зв'язаних – 100 $м^3$/га. Разові дози гною не повинні перевищувати 5 мм (50 $м^3$/га), що сприяє протіканню аеробних процесів.

Основним показником ефективності очищення гноївки є азот, що міститься в ній у вигляді органічної речовини і амонію. Органічний азот в аеробних умовах перетворюється в амонійну форму, яка добре засвоюється в ґрунті. Надлишок азоту амонійного переходить в форму нітриту, а потім – нітратів. Нітрати погано сорбуються в ґрунті, проте добре розчиняються і споживаються рослинами. Вони глибоко проникають в ґрунт, потрапляють в

Національний університет водного господарства та природокористування

ґрунтові води. Виходячи з умов захисту довкілля, за умов використання біологічно очищеної гноївки в рільництві річна її доза (з розрахунку споживання рослинами азоту) повинна бути 50-75 м^3/га.

Таблиця 8.14

Показники очищення гноївки свиноферм в піщаному ґрунті на луках

Дози гноївки	Показники	Вміст кг/(га×рік)		
		БПК$_5$	*N$_{заг}$*	*P$_2$O$_5$*
NPK + чиста вода	На вході	**6**	330	103
	В воді, що витікає з ґрунту	2	27	1
	Затримано, w%	66,6	91,8	99,0
Гноївка 50 м^3/га +вода чиста	На вході	1170	260	122
	В воді, що витікає з ґрунту	6	50	0,7
	Затримано, w%	99,5	80,8	99,4
Гноївка 100 м^3/га +вода чиста	На вході	2572	477	182
	В воді, що витікає з ґрунту	10	149	1
	Затримано, w%	99,6	68,8	99,5
Гноївка 150 м^3/га +вода чиста	На вході	4264	714	285
	В воді, що витікає з ґрунту	13	245	1
	Затримано, w%	99,7	65,7	99,6
200 м^3/га +вода чиста	На вході	5550	942	430
	В воді, що витікає з ґрунту	21	374	2
	Затримано, w%	99,6	60,3	99,5

8.7.3. Очищення гноївки в штучних умовах

Виходячи з умов протікання процесу відновлення азоту гноївки, більш доцільним є її використання в рільництві без попередньої підготовки. Такі умови використання (без попереднього її розбавлення з водою) гноївки сприяють захисту ґрунтових вод через низьку її проникність (табл. 8.15). Слід взяти до уваги, що спосіб використання гноївки в якості добрива є залежним від технології її зберігання, транспортування і розподілу по поверхні ґрунту, оскільки вона легко розшаровується на осад, плаваючий шлам і рідку фазу. Стратифікація гноївки сприяє прискоренню процесу бродіння і збільшенню її водності (гідратації). Цей процес яскраво проявляється в гноївці свиноферм.

В цілому існує ряд раціональних технологій використання гноївки в рільництві [22]:

- *технологія використання гноївки на фермах з кількістю умовних одиниць худоби 80 голів.* Гноївку збирають в заглибленому збірнику, обладнаному мішалкою. Вивіз гноївки на поля здійснюється спеціальним транспортом з розбризкувачем або обладнанням для розливу;
- *технологія використання гноївки на фермах з кількістю умовних одиниць худоби 100 голів.* Гноївку збирають в збірнику, розташованому при будівлі, в якому розташовано насос для

Національний університет водного господарства та природокористування

перекачування гноївки до накопичувального збірника, обладнаного аераторами. Відбір і транспортування гноївки аналогічний раніше викладеному;

- *технологія використання гноївки на великих фермах.* Гноївка після її збору і подрібнення перекачується до накопичувального збірника з встановленим в ньому насосом або механічним аератором. Зі збірних резервуарів гноївка перекачується в транспортні засоби або на поля зрошення;
- *технологія використання гноївки з близько розташованих від поселень ферм.* За таких умов гноївка піддається сепарації. Крупна фракція гноївки направляється на компостування, а рідка – аерується в утеплених збірниках. Підготовлена таким чином гноївка відводиться на поля зрошення.

Як видно, в представлених технологічних лініях використовуються наступні процеси:

- транспортування гноївки по трубах,
- подрібнення волокнистих і твердих фракцій,
- гомогенізаціїя гноївки,
- сепарація гноївки на тверду і рідку фази,
- аерації гноївки,
- розподіл гноївки по площі поля.

Національний університет водного господарства та природокористування

Таблиця 8.15

Середні показники фільтрації в грунті попередньо обробленої гноївки

Гноївка	Показник фільтрації в ґрунті, мм/час		
	Піщаний	Глинистий	Середній
Без обробки	0,15	0,09	0,13
Після вилучення твердих часток	3,45	0,41	1,93
Після біологічного очищення	4,61	0,39	2,50
Після біологічних ставків	5,47	0,81	3,14
Вода чиста	13,90	2,33	8,12

Санітарні ризики, пов'язані з гноївкою. З появою великих ферм гостро постає питання утилізації великих об’ємів гноївки. Накопичена гноївка зумовлює небезпеку забруднення водних ресурсів (поверхневих і підземних) до ґрунту. Проте ця проблема перестає бути значущою, якщо є можливість забезпечити належні умови її використання в рільництві.

Шкідливість гноївки для довкілля зумовлена приступністю в ній багатьох видів мікроорганізмів, зокрема патогенних. Встановлено, що сальмонела живе роками і все частіше стає причиною зараження великої рогатої худоби, захворювання може поширюватися і серед людей, що перебувають в контакті із сільським господарством і тваринництвом. Досвід показує, що стічні води з свиноферм містять найбільшу кількість мікроорганізмів в порівнянні зі

Національний університет водного господарства та природокористування

стоками інших ферм. В зимовий період в перегної телят міститься найбільша кількість кишкової палички.

У результаті інтенсивного зрошування ґрунту гноївкою патогенні мікроорганізми можуть потрапити у трофічний ланцюг. Такий стан є прямою загрозою здоров'ю людей та худоби. Застосування безпідстилочної технології вирощування тварин сприяє розвитку хвороботворних процесів [22].

Ефективне забезпечення санітарного стану довкілля під час застосування гноївки в рільництві залежить від:

- достатньої площі полів, відведених під використання гноївки,
- дотримання нормативних обмежень при використання гноївки,
- підготовки гноївки перед використанням в рільництві,
- влаштування і дотримання санітарних зон довкола полів з використанням гноївки,
- дотримання регламентних норм землекористування на полях, удобрених гноївкою,
- дотримання санітарних умов на об’єктах з використанням гноївки.

Контрольні питання

1. Особливості режиму притоку стічних вод на очисні споруди малих населених пунктів.
2. Властивості стічних вод малих населених пунктів.
3. Структура забруднень стічних вод малих населених пунктів.
4. Підприємства в малих поселеннях.
5. Властивості стічних вод промислових підприємств малих населених пунктів та прийоми їх очищення.
6. Еквівалентна кількість жителів для стічних вод підприємств малих населених пунктів.
7. Речовин стічних вод малих населених пунктів, що підлягають роздільному видаленню.
8. Основні функції очищення стічних вод в малих населених пунктах.
9. Основні стадії очищення стічних вод.
10. Технологічні схеми очищення стічних вод малих населених пунктів.
11. Методи очищення, що застосовуються в схемах очищення стічних вод малих поселень.
12. Орієнтовні межі раціонального застосування малих очисних споруд.
13. Тимчасові споруди очищення стічних вод в малих населених пунктах.
14. Основні вимоги до влаштування вигребу вбиралень малих населених пунктів.
15. Схема вловлювачів жиру.
16. Двокамерні септики, трикамерні септики – схема та принцип роботи.
17. Умови та споруди відведення стічних вод в грунт.
18. Споруди механічного очищення стічних вод.
19. Спрощена технологічна схема очищення стічних вод, обладнана двоярусним відстійником.
20. Особливості очищення стічних малих населених пунктів активним мулом.
21. Основні недоліки споруд, що працюють за технологією з використанням

Національний університет водного господарства та природокористування

активного мулу, встановлених в малих населених пунктах.

22. Схеми спрощеного застосування активного мулу з його стабілізацією в аеротенку, і в окремій споруді стабілізації.
23. Схеми спрощеного застосування активного мулу з біосорбцією і його стабілізацією в камері реаерації і в окремій споруді стабілізації.
24. Аераційні споруди та умови їх застосування в технології очищення стічних вод малих населених пунктів.
25. Принципові схеми очищення стічних вод малих населених пунктів.
26. Конструктивні і технологічні особливості установок КУ, БІО, УКО.
27. Установки КУ, що працюють за методом аеробної стабілізації надлишкового активного мулу
28. Конструктивні і технологічні особливості установок «Miniblok», «Klarblok», BOS, «Sebiofikom».
29. Особливості технологічних схем станцій очищення стічних вод населених пунктів продуктивністю 700-1400 м^3/добу.
30. Особливості технологічних схем станцій очищення стічних вод населених пунктів продуктивністю 800-6000 м^3/добу.
31. Формування та характеристика стоків тваринницьких комплексів та птахофабрик.
32. Технологічні прийоми очищення та утилізації стоків тваринницьких комплексів та птахофабрик.
33. Суть схеми біологічного очищення гнойових стічних вод на свинокомплексах.
34. Характеристика гною і гноївки ферм.
35. Прийоми утилізації гною і гноївки ферм.

Національний університет водного господарства та природокористування

Література

1. ВСН 33-2.2.02-86 Мелиоративные системы и сооружения. Оросительные системы с использованием сточных вод. Нормы проектирования. Разработаны ВНПО по сельскохозяйственному использованию сточных вод (ВНПО Прогресс) Минводхоза СССР. – М. : 1986. – 85 с.
2. Гіроль М. М., Проценко С. Б.,Гіроль А. М. і ін.. Проектування систем водовідведення, очищення та утилізації стічних вод в малих населених пунктах та сільській місцевості. За ред.. М. Гіроля, С.Проценка. Наукове видання. – Рівне: НУВГП, 2013. – 65 с.
3. Грулер И. Очистные сооружения малой канализации. Перевод с немец. И.Б.Палееса. Под ред. Шпицберга. М., Стройиздат, 1980. – 200 с.
4. Гудков А. Г. Проектирование малых очистных сооружений канализации с искусственной биологической очисткой: Учебное пособие. – Вологда : Во-ГТУ, 2000.- 60 с.
5. Зайцева Н. М., Шишко Г. Г., Дробышев Л. В., Гироль Н. Н., Банецкий В. П. Справочник по инженерному оборудованию сельских населённых пунктов. "Урожай". – К. : 1991. – 340 с.
6. Канализация населенных мест и промышленных предприятий. Справочник проектировщика./Н. И. Лихачев, И. И. Ларин, С. А. Хаскин и др.; Под ред. В. Н. Самохина. 2-е изд., перераб. И доп. – М. : Стройиздат, 1981. – 638 с.
7. Колодный Ю. И. Рациональное использование природных вод. Волго-Вятское кн. изд. – Горький : 1986. – 174 с.

Національний університет водного господарства та природокористування

8. Лоренц В. И. Очистка сточных вод предприятий пищевой промышленности. – Киев : «Будівельник», 1972. – 188 с.
9. Малі річки України: Довідник /А.В. Яцик, Л.Б. Бишовець, Т.О. Богатов та ін. – К. : Урожай, 1991. – 296 с.
10. Мочалов И. П., Родзиллер И. Д., Жук Е. Г. Очистка и обеззараживание сточных вод малых населенных мест (в условиях Крайнего Севера) – Л. : Стройиздат, 1991. – 160 с.
11. Разумовский Э. С., Медриш Г. Л., Казарян В. А. Очистка и обеззараживание сточных вод малых населенных пунктов. Изд. второе, перераб. и дополн. – М. : Стройиздат, 1986. – 175 с.
12. РНТД 33.34. 0003-85. Руководство по технологии сельскохозяйственного использования городских сточных вод в Украинской ССР. Разработаны УкрНИС орошения сточными водами (УкрНИСОСВ). Издание официальное. – К. : 1986. – 39 с.
13. Рудик В. Ф., Денчикова Л. А. Культивирование спирулины на средах, содержащих отходы животноводства. //Актуальные проблемы современной альгологии. – Черкассы : 1987. – 272 с.
14. Сельскохозяйственное использование сточных вод: Справочник /Л. Овцов, В. Игнатова, Э. Элик и др.; Сост. Э. Е. Элик. – М. : Росагропромиздат, 1989. – 223 с.
15. Хоружий П. Д., Орлов В. О., Ткачук О. А., Гіроль М. М. та ін. Довідник по сільськогосподарському водопостачанню і каналізації. За редакцією П.Д.Хоружого. – К. : Урожай, 1992. – 294 с.
16. Imhoff K., Imfoff K.R.: Kanalizacja miast i oczyszczanie ścieków.– Warszawa : Arkady, 1982.
17. Heidrich Z., Witkowski A. Urządzenia do oczyszczenia ścieków. Projektowanie. Przykłady obliczeń. Wydaw. „Siedel-Przywecki", Sp. z o.o., Warszawa, 2005. – 287 s.
18. Heidrich Z., Tabernacki J., Sikorski M:. Wiejskie oczyszczalnie ścieków. – Warszawa : Arkady, 1984.
19. Łomotowski J., Szpindor A. Nowoczesne systemy oczyszczania ścieków. – Warszawa : Wydawnictwo „Arkady", 2002. – 456 st.
20. Olszta W. Podstawy inżynierii wodnej środowiska. Wydawnictwo Uczelniane. – Lublin, 2004. – 639 s.
21. The European environment. State and Outlook 2010. Synthesis. European Environment Agency, Copenhagen. 2010. – 222 p.
22. Szpindor Adam. Zaopatrzenie w wodę i kanalizacja wsi Adam Szpindor. — [Wyd. 2 popr.]. – Warszawa: Arkady, 1998. – 474 s
23. *Kowalik P., Obarska-Pempkowiak H.:* Oczyszczanie wód i ścieków w systemach hydrofitowych. Przegląd Komunalny nr 3, 1997.
24. Kuczewski K.: Skuteczność oczyszczania ścieków bytowo-gospodarczych na biologicznych ociekowych złożach torfowych. ZN AR we Wrocławiu. Rozprawa habilitacyjna nr 92. Wrocław 1991.
25. *Kuczewski K., Paluch J.:* Oczyszczalnie roślinno-glebowe na terenach wiejskich. Problemy Inżynierii Rolniczej 1997.
26. Sikorski M., Borys K.: Ocena oddziaływania na środowisko oczyszczalni ścieków typu LEMNA. Zeszyt Problemowy PZITS nr 672 – Technika Sanitarna Wsi Wrocław 1993.
27. Heidrich Z., Kalenik M., Podedworna J, Stańko G. Sanitacja wsi. Wydawnictwo Seidel-Przywecki sp. z o.o Warszawa 1998. – 374 st.
28. http://moszczanica.pl/pliki/usuwanie_obornika/usuwanie_obornika.htm

Національний університет водного господарства та природокористування

9. ТЕХНОЛОГІЧНІ СХЕМИ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

9.1. Очищення стічних вод заводів хімічних волокон

9.1.1. Характеристика стічних вод підприємств виготовлення штучних волокон

До цього виду волокон відносяться віскозні, мідно-аміачні та ацетатні волокна, для виробництва яких використовується целюлоза.

Стічні води виробництва віскозного волокна. Виробничі забруднені стічні води утворюються в процесах відділення лугу, фільтруванні віскози, прядіння та обробки волокна, випарки розчину осадових і пластифікаційних ванн, кристалізації сульфату натрію, приготування оздоблювальних розчинів[7].

За характером забруднень стічні води поділяються на кислі (які містять сірчану кислоту, сульфати цинку і натрію, сірковуглець, сірководень, геміцелюлозу), лужні (які містять їдкий натр, сульфати натрію, сульфіди, сірку) і віскозні (які містять целюлозу, їдкий натр, сірковуглець, сірководень) (табл..9.1, 9.2).

Таблиця 9.1

Кількість стічних вод виробництва штучних волокон

Вид готової продукції	Кількість стічних вод, м^3 на 1 т продукції		
	Кислі	Лужні	Віскозні
Віскозна текстильна нитка	500	150	40
Віскозний корд	150	80	50
Віскозне штапельне волокно	300	80	20
Віскозний целофан	240	60	15
Ацетатна віскозна нитка	–	20	–
Мідно-аміачне штапельне волокно	250	70	–
Сірководневий ректифікат	–	30	–

Примітка. Наведено орієнтовні значення кількості стічних вод без обліку загальнозаводських підсобно-допоміжних служб (холодильні станції, установки очищення води і повітря, і т.п.).

Малозабруднені стічні води у виробництві усіх видів хімічних волокон, як правило, використовуються в оборотних системах зі скиданням у каналізацію тільки продувних вод.

Стічні води виробництва мідно-аміачного волокна. Виробничі забруднені стічні води утворюються в процесах приготування, промивання і фільтрування солей міді, прядінні й обробці волокна, регенерації аміаку і міді тощо. Стічні води забруднюються окисом міді, мідно-аміачними сполуками, сірчаною кислотою, їдким натром, целюлозою, а також сульфатами амонію і натрію.

Стічні води виробництва ацетатного волокна. В якості основної сировини для виробництва ацетатного волокна використовується ацетилцелюлоза, яка розчиняється в ацетоні або метиленхлориді. Стічні води, забруднені залишками ацетону або метиленхлориду, утворюються при регенерації розчинників.

Національний університет водного господарства та природокористування

В основному виробництві забруднені стічні води практично відсутні.

Таблиця 9.2

Концентрація забруднюючих речовин стічних вод виробництва штучних волокон

Забруднюючі речовини	Концентрація забруднюючих речовин, кг на 1 т продукції				
	Віскозна текстильна нитка	Віскозний корд	Віскозне штапельне волокно	Віскозний целофан	Мідно-аміачне штапельне волокно
Сірчана кислота	350	120 – 140	130	110 – 440	–
Їдкий натр	60	65	45	60	–
Сульфат натрію	900	200	280	170 – 920	750
Сульфат цинку	45	100 – 150	40	–	–
Сульфат амонію	–	–	–	–	550
Сульфати	100	–	6	6	–
Аміак	–	–	–	–	110
Мідь	–			–	60
Целюлоза	70	50	45	37	10
Сірковуглець	13	23	29	20	–
Сірководень	1	2	2	2	–
Сірка та її сполуки	34	37	45	35	–
Замаслювачі	5	5	1	–	3
Гліцерин	–	–	–	2	–
Етилацетат	–	–	–	15	–
Толуол		–	–	3	–
Завислі речовини	70	60	80	50	100
$БПК_{повн}$ (кг O_2/г)	180	170	160	350	60

Примітка. Наведено орієнтовні значення складу і кількість забруднюючих речовин з деяких видів штучних волокон без обліку загальнозаводських підсобно-допоміжних служб (холодильні станції, установки очищення води і повітря, ремонтно-механічні цехи і т.п.)

9.1.2. Очищення стічних вод

Стічні води виробництва віскозних і мідно-аміачних волокон піддаються локальному фізико-хімічному очищенню від специфічних забруднень, а потім направляються на самостійні або загальні міські споруди біологічного очищення. Стічні води виробництва ацетатного волокна, як правило, піддаються безпосередньому біологічному очищенню разом з господарсько-побутовими водами.

На рис. 9.1. приведена комплексна схема очищення стічних вод виробництва віскозних волокон, що включає також регенерацію технологічних розчинів і уловлювання коштовних речовин [7].

Відпрацьовані розчини після упарювання направляються в кристалізатор для видалення надлишків сульфату натрію, який повертається у виробництво.

Кислі цинкомісткі води нейтралізуються кальцинованою содою та

обробляються сульфідом натрію, відстоюються і направляються на піщані фільтри. Шлам, що утворився і містить солі цинку, зневоднюється на вакуум-фільтрах і вступає в контакт із сірчаною кислотою для розчинення цинку, повторно використовуваного у виробництві.

Віскозні стічні води підкислюються кислими водами; вивільнювані при розкладанні віскози сірковуглець і сірководень продуваються повітрям і направляються на загальнозаводську газоочисну установку та регенерацію сірковуглецю й очищення від сірководню.

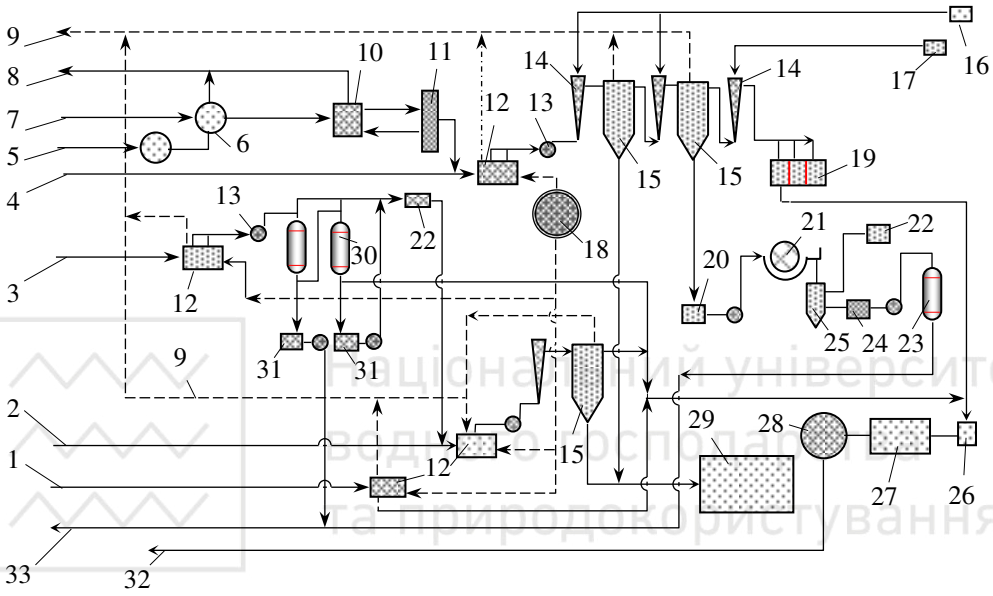


Рис. 9.1. Комплексна схема очищення стічних вод виробництва віскозного волокна з регенератором коштовних речовин:
1 – лужні стоки; 2 – віскозні стоки; 3 – кислі цинкомісткі стоки від обробки текстильної нитки; 4 – кислі цинкомісткі стоки; 5 – стічні води з відпрацьованої пластифікаційної ванни; 6 – випарні установки I і II ступеня; 7 – стоки з відпрацьованої осадової ванни; 8 – повернення з осадової ванни; 9 – газоповітряна суміш на загальнозаводських установках очищення вентиляційних викидів; 10 – установка кристалізації сульфату натрію: 11 – градирні: 12 – осереднювачі; 13 – насоси; 14 – реактори; 15 – відстійники I і II ступеня; 16 – дозатори кальцинованої соди; 17 – дозатори розчину сульфіду натрію; 18 – повітродувка; 19 – піщані фільтри; 20 – приймальні баки цинкового шламу; 21 – вакуум-фільтри; 22 – дозатор сірчаної кислоти; 23 – фільтр; 24 – прийомний бак розчину сульфату цинку; 25 – реактор; 26 – змішувач очищених стоків; 27 – аеротенки; 28 – вторинні відстійники; 29 – шламонакопичувачі; 30 – катіонітові фільтри; 31 – баки рециркуляції регенераційного розчину; 32 – очищені стоки у водойму; 33 – регенерований розчин сульфату цинку

Коагульована целюлоза відстоюється у вигляді пластівців разом з іншими завислими речовинами. Лужні води змішуються з очищеними стічними водами, нейтралізуються до оптимального значення *pH* і направляються на біологічне очищення. На всіх потоках передбачається усереднення складу

Національний університет водного господарства та природокористування

стічних вод

В окремих випадках (виробництво текстильної нитки) кислі цинкомісткі стічні води при відсутності механічних домішок можуть направлятися для видалення цинку на іонообмінні установки.

При проектуванні споруд для очищення стічних вод виробництва віскозного волокна враховують наступні конструктивні і технологічні параметри: об'єм усереднювачів на 3 – 4 – годинний приплив води; тривалість відстоювання 2 – 4 год.; швидкість фільтрування води на піщаних фільтрах – 5 – 6 м/год, на катіонітових – 8 – 10 м/год; після перебування води в аеротенках 10 – 12 год при подачі повітря в них 13 – 16 $м^3/м^3$; витрата повітря на продувку сірковуглецю та сірководню 15 – 20 $м^3/м^3$ води.

Стічні води виробництва мідно-аміачного волокна піддаються локальному фізико-хімічному очищенню від солей міді, целюлози і механічних домішок. Передбачається відстоювання і фільтрування води через зернистий фільтруючий шар. Затримана на катіонітових фільтрах мідь розчиняється в сірчаній кислоті і повертається у виробництво. Далі стічні води направляються на біологічне очищення (рис. 9.2).

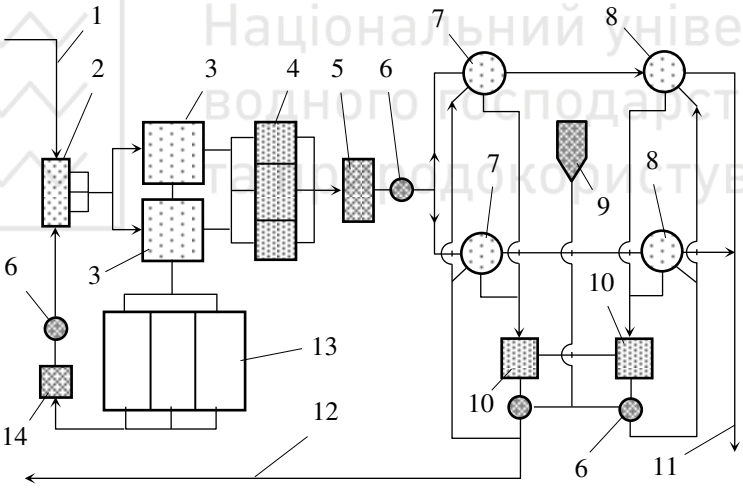


Рис. 9.2. Схема очищення стічних вод виробництва мідно-аміачного волокна:
1 – лужні стоки; 2 – кислі цинкомісткі стоки; 3 – відстійники; 4 – піщані фільтри; 5 – прийомний резервуар; 6 – насоси; 7 і 8 – катіонітові фільтри I і II ступеня; 9 – дозатор сірчаної кислоти; 10 – баки рециркуляції регенераційного розчину; 11 – повернення розчину регенерованої міді; 12 – подача очищених стоків на біологічне доочищення; 13 – шламові майданчики; 14 – приймач дренажного стоку

При проектуванні очисних споруд стічних вод підприємств мідно-аміачного волокна приймають: об'єм усереднювачів - на 3 – 4-годинний приплив води; тривалість відстоювання води 2 год; швидкість фільтрування 6 м/год; водоповітряна промивка фільтрів тривалістю 6 – 10 хв.

Національний університет водного господарства та природокористування

Піщані фільтри завантажують кварцовим піском крупністю 0,5 – 1 мм товщиною шару 1,2 – 1,5 м. Катіонітові фільтри завантажують сульфовугіллям з обмінною здатністю за міддю 25 – 30 кг на 1 м^3. Швидкість фільтрування на першому ступені катіонітових фільтрів 5 – 10 м/год, на другому – 10 – 15 м/год. Регенерація сульфовугілля здійснюється шляхом багаторазової циркуляції з застосуванням розчину сірчаної кислоти концентрацією 100 г/л впродовж 8 – 10 год. Питома витрата кислоти – 6 кг на 1 кг регенерованої міді. Залишкова концентрація іонів міді 0,3 – 0,5 мг/л.

При фізико-хімічному очищенні стічних вод виробництва віскозних і мідно-аміачних волокон утворюються значні об'єми осадів (целюлоза, сірка, гідроокиси цинку і міді, масляні домішки тощо). Осад з відстійників попередньо надходить у резервуари-збірники, де відбирається частина води і далі насосами перекачується в шламонакопичувачі. При видаленні цинку з осаду або при відсутності площі для розміщення шламонакопичувачів осад направляють на механічне зневоднювання (вакуум-фільтри).

Шламонакопичувачі (земляні) передбачаються на 10-річне складування шламу. Дно, бічні укоси шламонакопичувачів забезпечують надійною гідроізоляцією. Кількість секцій шламонакопичувачів повинне бути не менш двох. Заповнення секцій поперемінне з розрахунку відстоювання шламу не менше 3-ох місяців. Наступна подача шламу в секцію здійснюється після відкачування з верхньої її частини води і подачі її на очисні споруди [14].

Вологість осаду, що надходить у шламонакопичувачі, сягає 99%, а після тривалого ущільнення в шламонакопичувачах – 80 – 83%. Об'ємна маса осаду при вологості 80% складає в середньому 1,1 т/м^3.

Цинк може видалятися як безпосередньо із стічних вод, так і з цинкомістких осадів, що випадають з води при її очищенні. Найдоцільніше одержання цинку з осадів, для чого останні обробляються лугом з одержанням цинкатних розчинів, у яких концентрація цинку досягає 15 – 20г/л.

При застосуванні електролізу концентрація цинку в цинкатному розчині, що надходить на електроліз, повинна бути не менше 10 г/л, у відпрацьованих розчинах – 1 г/л; концентрація їдкого натру в розчині 150 – 200 г/л; щільність струму 300 – 350 А/м^2, відстань між електродами 35 – 40 мм; напруга струму 2,2 – 2,5 В; вміст заліза в отриманому катодному цинку до 0,05% [3].

9.2. Очищення стічних вод заводів синтетичного каучуку і суміжних нафтохімічних виробництв

9.2.1. Характеристика стічних вод

Хімічно забруднені стічні води утворюються:

a) при здійсненні процесів гідрування вуглеводнів при синтезі вихідних мономерів у присутності водяної пари;
b) при утворенні води в процесах дегідрування;
c) при застосуванні розчинів різних інгредієнтів у процесі виробництва каучуку;
d) при застосуванні гострої пари у деяких процесах ректифікації

Національний університет водного господарства та природокористування

продуктів виробництва тощо.

Істотне скорочення кількості хімічно забруднених стічних вод досягається застосуванням внутрішньотехнологічного водообороту. В каналізацію скидається балансовий надлишок води, що містить різні органічні сполуки: вуглеводні, спирти, альдегіди, карбонові кислоти, кетони, аміни, ефіри, високомолекулярні речовини, а також солі неорганічних кислот, солі хрому, цинку та інших металів.

Перед скиданням у каналізацію ці стічні води піддають первинному (локальному) очищенню. Для первинного очищення застосовують різні регенераційні методи хімічної технології [3]. Установки локального очищення входять до складу технологічної схеми виробництва.

Первинне очищення призначається [7]:

а) для зменшення втрат коштовних речовин зі стічними водами;

б) для зниження навантаження на біологічні очисні споруди;

в) для видалення шкідливих речовин, що негативно впливають на роботу біологічних окислювачів;

г) для видалення речовин, здатних утворювати горючі і вогненебезпечні парогазові суміші в трубопроводах та очисних спорудах;

д) для нейтралізації кислот, лугів і інших речовин, що агресивно діють на матеріали труб і споруд.

Національний університет водного господарства та природокористування

9.2.2. Системи відведення й очищення стічних вод

У зв'язку з особливостями складу окремих груп стічних вод і прийнятої схеми їхнього знешкодження, а також з вимогами безпечної експлуатації споруд транспортування та знешкодження стічних вод на заводах виробництва синтетичних каучуків проектують роздільну систему каналізації:

- виробничих хімічно забруднених стічних вод;
- продувних стічних вод;
- атмосферних стічних вод;
- побутових стічних вод.

При відповідному обґрунтуванні за межами заводу допускається спільне відведення хімічно забруднених і побутових стічних вод підприємства. Допускаються спільне відведення для очищення продувних і атмосферних стічних вод. Хімічно забруднені стічні води містять сукупність розчинних органічних речовин, що в аварійних випусках можуть утворювати вибухонебезпечні суміші, у зв'язку з чим усі споруди, які призначені для транспортування, перекачування та знешкодження цих стічний вод відносять до категорії А за вибухонебезпечністю [14].

Хімічно забруднені стічні води після первинного (локального) очищення скидають у заводську каналізацію хімічно забруднених стічних вод. Остаточне очищення стічних вод заводів синтетичних каучуків повинне здійснюватися на біологічних очисних спорудах роздільно або разом з побутовими стоками промислового вузла або міста.

Наприклад, стічні води виробництва ізопрену містять диметилформалін

Національний університет водного господарства та природокористування

(160 мг/л) – біологічно важкоокислювальна і токсична речовина: максимальна концентрація його у воді, яка подається на міські очисні споруди, не може перевищувати 10 мг/л. Однак тривала адаптація мікрофлори до диметилформаліну забезпечує одержання штамів, які спроможні розкладати 85% диметилформаміду при концентрації його у воді до 250 мг/л.

Результати досліджень біологічного очищення стічних від виробництва ізопрена з ізобутилену і формальдегіду показують, що очищена вода містить значну кількість біологічно неокислених речовин – *ХПК* очищеної води становить 475 мгO_2/л, *ХПК* стічної води – 1500 мг O_2/л. Для подібних стічних вод потрібне доочищення методом адсорбції. При застосуванні в якості адсорбенту активного вугілля ступінь очищення стічної води за *ХПК* складає 93%, для висококиплячих продуктів – 100%. Очищена вода може бути використана в системі оборотного водопостачання.

Для підвищення ступеня очищення стічних вод виробництва ізопрену можна застосовувати озонування безпосередньо перед біологічним очищенням. При витраті озону 1,3 г на 1г органічних речовин (за *ХПК*) в очищеній воді практично відсутні біологічно важкорозчинні речовини.

При біологічному очищенні стічних вод концентрація токсичних речовин не повинна перевищувати встановленого максимуму, а співвідношення *БПК:N:P* повинне бути не менш 100 : 3,3:0,9 [12].

При наявності в складі підприємства виробництва ізопрену з ізобутілену і формальдегіду стічні води цього виробництва повинні бути розбавлені іншими стічними водами з таким розрахунком, щоб *ХПК* стічних вод, які направляються на очищення, не перевищувала 1000 мг O_2 /л.

До складу станції біологічного очищення стічних вод входять наступні споруди: усереднювачі; установка для коректування *pH* стоків; споруди механічного очищення; споруди біологічного очищення; споруди для обробки осаду; установка для дозування біогенних елементів (азоту і фосфору): повітродувна, насосні станції, хлораторні і т.д.

Кількість надлишкового активного мулу при очищенні стічних вод в аеротенках приймають з розрахунку 0,5 г на 1 г знятої *БПК*, вологість мулу 99,2%. Кількість завислих речовин, що випадають зі стічних вод, що пройшли біологічне очищення на аерофільтрах, визначають з розрахунку 0,2 г на 1 г знятої *БПК*, вологість осаду 93%.

9.3. Очищення стоків коксохімічних заводів

Сучасні коксохімічні заводи складаються з ряду цехів, основними з яких є: вуглепідготовчий, коксовий, уловлювання хімічних продуктів коксування й очищення коксового газу від сірководню. На окремих заводах є вуглезбагачувальні фабрики, смоло-перероблювальні цехи і цехи ректифікації сирого бензолу (рис. 9.3.).

Питома кількість стічних вод на коксохімічних заводах коливається в значних межах (табл. 9.3).

Основними забруднюючими речовинами цих вод є феноли (переважно

Національний університет водного господарства та природокористування

летучі), аміак і смоли. Скидання в каналізацію стічних вод від основних технологічних операцій відбувається рівномірно впродовж доби і лише від деяких операцій – періодично (табл..9.4) [7].

На коксохімічних заводах є наступні системи каналізації: фенольна, умовно чистих вод, дощова.

Таблиця 9.3

Питома кількість стічних вод коксохімічних заводів

Процес	Кількість стічних вод, $м^3$ на 1 т коксу	Процес	Кількість стічних вод, $м^3$ на 1 т коксу
Очищення газу від сірководню методом:		Промивання вугілля	0,4 – 0,6
вакуум-карбонатним	0,2 – 0,3*	Ректифікація:	
миш'яково-содовим	3 – 4*	бензолу	0,006
Гасіння коксу	2,5 – 3,5	смоли	0,002

*Цифри представлені на 1 т вловлюваного сірководню

Таблиця 9.4

Загальна характеристика забруднених стічних вод коксохімічного заводу

Показники	Значення показників забруднення стічних вод				
	Надсмольні після обезфенолювального скрубера	Цеху вловлювання хімічних продуктів	Сепараторних смолоперегінного цеху	Загальних смолоперегінного цеху	Загальний сток заводу
Феноли, мг/л	420	460	3840	842	325
Аміак, мг/л:					
летючий	379	165	1900	580	200
загальний	2100	490	2320	835	980
Роданіди, мг/л	464	360	–	–	400
Ціаніди, мг/л	14	53	80	25	28
Сульфіди, мг/л	28	15	–	–	12
Хлориди, мг/л	3620	2450	–	262	1640
Сульфати, мг/л	920	2140	–	–	1480
Смоли і масла, мг/л	58	117	145	175	110
Окислюваність, мг O_2/л	2020	1430	7800	3560	2030
pH	8,8	7,1	8,4	8,7	7,7

Джерела утворення стічних вод і способи їх очищення від смол і мастил для всіх коксохімічних заводів в основному подібні. Загальнозаводський стік фенольних вод використовується для гасіння коксу як без очищення, так і після попереднього біологічного очищення на локальних установках, чи направляється на сумісне очищення на міських очисних спорудах.

Дощова каналізація на коксохімічних заводах проектується закритою. Коефіцієнт нерівномірності стоку приймається в межах 0,39 – 0,45. Через

Національний університет водного господарства та природокористування

забруднення шкідливими речовинами поверхневий стік необхідно направляти на сумісне очищення з фенольними стічними водами [14].

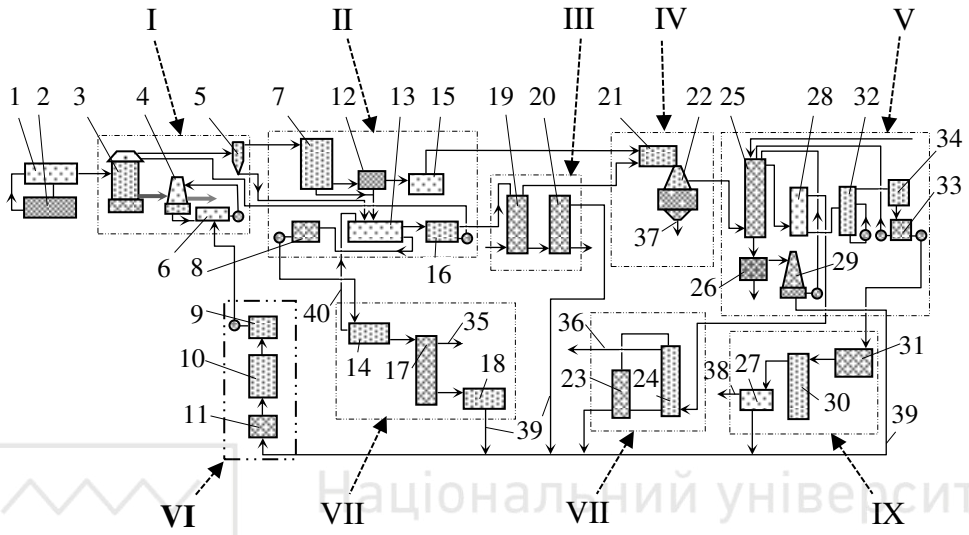


Рис. 9.3. Схема коксохімічного виробництва:
I – коксовий цех; II – відділення конденсації; III – аміачно-обезфенолювальне відділення; IV – сульфітне відділення; V – бензольне відділення; VI – установка біохімічної очищення стічної води; VII – смолоперегінний цех; VIII – цех сіркоочищення; IX – цех ректифікації сирого бензолу; 1 – установка збагачення вугілля; 2 – шламонакопичувач; 3 – коксова піч; 4 – гасильна башта; 5 – сепаратор; 6 – відстійник; 7 – первинний газовий холодильник; 8 – смолосховище; 9 – вторинний відстійник; 10 – аеротенки; 11 – відстійник-усереднювач; 12 – електрофільтр; 13 – відстійник надсмольної води; 14 – сховище смоли; 15 – газодувка; 16 – збірник надсмольної води; 17 – ректифікаційна колона; 18 – відстійник фракцій; 19 – аміачна колона; 20 – обезфенолювальний скрубер; 21 – підігрівник газу; 22 – сатуратор; 23 – регенератор; 24 – скрубер для вловлювання сірководню; 25 – кінцевий газовий холодильник; 26 – нафталіновий відстійник; 27 – сепаратор; 28 – бензольний скрубер; 29 – градирня; 30 – ректифікаційна колона; 31 – сховище сирого бензолу; 32 – бензольна колона; 33 – відстійник; 34 – сепаратор; 35 – відвід товарних фракцій смол; 36 – коксовий газ; 37 – відвід сульфату амонію; 38 – відвід товарного бензолу; 39 – випуск забрудненої води; 40 – віджимні води

Надсмольні води для обезсмолювання подаються в кварцові фільтри, а потім надходять на аміачну колону для видалення аміаку й в обезфенолюючий скрубер для видалення фенолів. Після скрубера надсмольні стічні води надходять в усереднювач. При наявності локальної установки біохімічного очищення надсмольні води перед надходженням в усереднювач охолоджуються в закритій теплообмінній апаратурі до температури 30 – 35°С. Для очищення надсмольної води використовуються кварцові фільтри. Тривалість фільтроциклу орієнтовно складає 96 год при ефекті очищення 95%. Регенерацію фільтра проводять потоком гарячої надсмольної води. Витрата

Національний університет водного господарства та природокористування

води на регенерацію складає близько 3% об'єму очищеної води (рис.9.4).

Інші фенольні стоки проходять систему механічного очищення (рис. 9.5) у первинних відстійниках для видалення важких смол, грубодисперсних домішок і флотаційних маслорозділювачах для більш глибокого видалення смол і мастил [14]. Маслорозділювачі працюють за принципом імпелерної флотації. При цьому забезпечується стабільне очищення стічних вод від смол і мастил до їхнього залишкового вмісту 58 – 74 мг/л. Концентрація смол і мастил в очищеній воді може бути знижена майже в 2 рази при додаванні у вихідну воду коагулянту – сірчанокислого закисного заліза в кількості 30 – 70 мг/л.

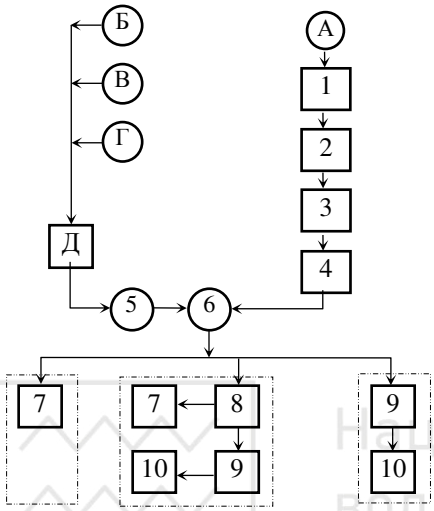


Рис. 9.4. Схема очищення фенольних стічних вод коксохімічного заводу:
А – надлишкова надсмольна аміачна вода; Б – конденсат газопроводів; В – вода від газового холодильника; Г – сепараторні води; Д – збірник об'єднаного стоку фенольних вод; 1 – прояснювачі і відстійники води; 2 – фільтри для обезсмолювання; 3 – аміачна колона; 4 – обезфенолюючий скрубер; 5 – установка механічної очищення; 6 – усереднювач; 7 – установка гасіння коксу; 8 – установка біохімічної очищення; 9 – міські очисні споруди; 10 – водойма

Національний університет водного господарства та природокористування

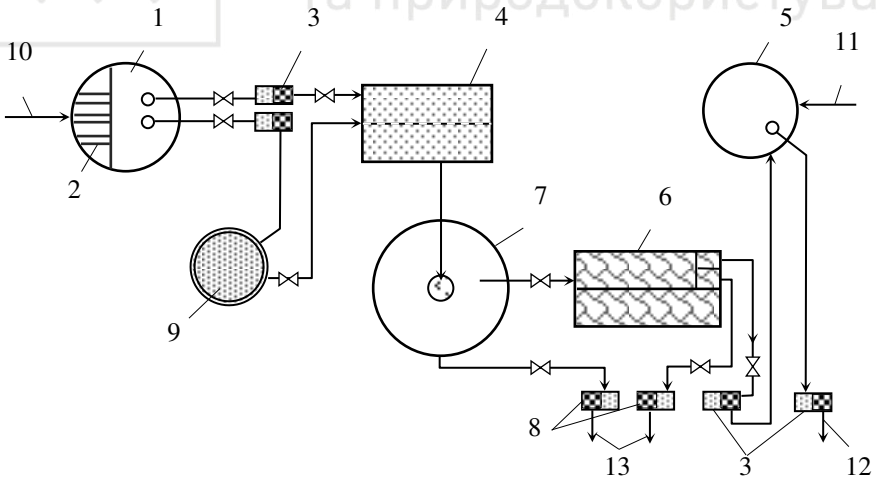


Рис. 9.5. Схема механічного очищення фенольних вод:
1 – збірник фенольних вод; 2 – грати; 3 – насоси; 4 – пісковловлювач; 5 – усереднювач; 6 – маслорозділювач; 7 – відстійник; 8 – насос для перекачування смоли і масла; 9 – зрівнювальний резервуар; 10 – фенольна стічна вода; 11 – надсмольна вода; 12 – подача води на гасіння коксу або біологічне очищення; 13 – на склад смоли

Національний університет водного господарства та природокористування

Очищена вода надходить в усереднювач. Після усереднювача стічна вода може надходити на гасіння коксу або піддаватися біологічному очищенню. Локальне очищення відбувається в одну або декілька стадій в аеротенках із пневматичною і пневмомеханічною аерацією. При двоступінчастому очищенні на першому ступені відбувається окислення фенолів, а на другому – роданідів і ціанідів. При цьому навантаження за фенолами і роданідами складає відповідно до 1,6 і 0,6 кг/(м^2×доб).

При пневматичній аерації витрата повітря складає 120 – 160 м^3 на 1 м^3 стічної води, при пневмомеханічній – 50 – 70 м^3 на 1 м^3 стічної води.

Можливий перехід на одноступінчате очищення, що дозволяє в 1,5 – 1,6 рази скоротити об'єм аеротенків. Ступінь очищення від фенолів досягає 99,8%, від роданідів – 99,6%. Кінцевий вміст фенолів в очищеній воді складає 0,1 – 0,3 мг/л, роданідів – 5 – 20 мг/л. Хімічні, фізико-хімічні методи очищення фенольних вод – адсорбційне очищення й озонування, на коксохімічних заводах не набули поширення.

З переходом на сухе гасіння коксу можлива зміна балансу стічних вод на коксохімічних заводах, що необхідно враховувати при проектуванні очисних споруд.

9.4. Очищення стічних вод нафтопереробних заводів, нафтопромислів і нафтобаз

9.4.1. Характеристика стічних вод

У залежності від якості вихідної нафти, глибини її переробки, застосовуваних каталізаторів, а також номенклатури одержуваних товарних продуктів нафтопереробні заводи (НПЗ) умовно можна віднести до заводів наступних профілів:

- паливного з неглибокою перероботкою нафти. На таких заводах передбачається випуск автомобільних бензинів, авіаційних керосинів, мазуту, бітумів, дизельного палива, в окремих випадках парафіну, сірки, іноді ароматичних вуглеводнів (бензол, ксилол і ін);
- паливного з глибокою переробкою нафти. Номенклатура основних товарних продуктів така ж, як і на заводах першого профілю, але значна частина мазуту направляється на вторинні процеси термічної переробки (крекінг, коксування, алкілування) для одержання високо якісних бензинів, нафтового коксу й інших продуктів;
- паливно-мастильного з неглибокою переробкою нафти. Основні товарні продукти такі ж, як і на заводах першого профілю, але є технологічні установки, що використовують частину мазуту для одержання технічних мастил;
- паливно-нафтохімічного з глибокою переробкою нафти й одержанням із проміжної вихідної сировини (рідкі і газоподібні фракції нафти) нафтохімічних продуктів – етилену, поліетилену,

Національний університет водного господарства та природокористування

поліпропілену, бутилових спиртів і ін.

Усереднені питомі кількості забруднених стічних вод на 1 т нафти стосовно до профілю заводу приводяться в табл. 9.5 [13].

Таблиця 9.5

Питома кількість забруднених стічних вод нафтопереробних заводів різного профілю, $м^3$ на 1 т нафти

Назва стоку	Профіль нафтопереробного заводу		
	Паливний із неглибокою переробкою нафти	Паливний із глибокою переробкою нафти	Паливно-масляний із неглибокою переробкою нафти
Всього по заводу	0,4	0,5	0,55
Нафтомістких нейтральних	0,26	0,31	0,33
Нафтосолемістких	0,135	0,172	0,203
Сірчанолужних	0,003	0,003	0,003
Інших, які містять органічні речовини	0,001	0,003	0,003

Примітки: 1. Питомі кількості окремих видів стічних вод є орієнтованими.
2. Кількість продувних вод оборотних систем водопостачання входить у питому кількість води, що скидається.

Національний університет водного господарства та природокористування

В оборотних водах допускається вміст: 25 – 30 мг/л нафтопродуктів, 25 мг/л завислих речовин, 500 мг/л сульфатів (у воді поповнення 130 мг/л), 300 мг/л хлоридів (у воді поповнення 50 мг/л), 25 мг O_2/л $БПК_{повн}$ (у воді поповнення 10 мг/л); карбонатна тимчасова твердість не повинна перевищувати 5 мг-екв/л (у воді поповнення 2,5 мг-екв/л) (табл. 9.6).

При переробці сірчистих нафт і при очищенні нафтопродуктів лугом (залужування) на ряді установок утворюються концентровані сірчано-лужні стічні води, які характеризуються вмістом 3000 – 4000 мг/л нафтопродуктів, 25000 – 30000 мг/л сульфідів і сульфогідратів, 12000 – 15000 мг/л їдкого натру, 5000 – 8000 мг/л фенолів при $ХПК$ = 85000 – 100000 мг O_2/л і $БПК_{повн}$= 50000 – 70000 мг O_2/л, pH – до 14 [7].

Від окремих установок відводиться також конденсат водяної пари, що забруднюється при переробці сірчистих нафт сульфідами (1000 – 4500 мг/л і більш), фенолами (300 – 450 мг/л) при pH = 7,5 – 8, вмісту амонійного азоту 4000 – 4500 мг/л і $БПК_{повн}$ = 300 – 7000 мг O_2/л.

На деяких нафтопереробних заводах передбачаються каталізаторні фабрики, на яких утворюються маточні розчини. У залежності від виду каталізатора, що випускається, розчини містять до 80 – 90 г/л сірчанокислого амонію, до 85 – 100 г/л азотнокислого і сірчанокислого натрію і до 1 г/л азотної кислоти На окремих заводах може бути сірчанокислотний цех, у

Національний університет водного господарства та природокористування

стічних водах якого при несправності устаткування міститься кислота

Таблиця 9.6

Загальна характеристика забруднених стічних вод з ряду технологічних установок НПЗ

№ п/п	Вид технологічних установок або виробництва	Концентрація забруднюючих речовин, мг/л				*ХПК*, мгO_2/л	*БПК*$_{повн}$, мгO_2/л
		Нафта і нафто-продукти	Завислі речо-вини	Інші речовини			
				назви	Значення		
1	Електрознесолювальна установка: нафтомісткі нейтральні води	350	120	Хлориди	1200	500	250
				Феноли	5		
				ПАВ	10		
2	Карбамідної депарафінізації дизельного палива	400	120	Карбамід	850	950	550
				Амонійний азот	100		
				Дихлор-метан	10		
				Хлористий натрій	40000	500	350
3	Ароматичних вуглеводнів (наприклад, етилбензол)	200	60	Їдкий натр	30000		
				Соляна кислота	18000		
				pH	4,1		
4	Виробництво етилену	150	80	Ароматичні вуглеводні	30	500	250
				парафін	150	5500	4000
5	Виробництво синтетичних жирних кислот (СЖК)		200	жирні кислоти	100		

9.4.2. Системи виробничої каналізації

На нафтопереробних заводах передбачаються дві основні системи виробничої каналізації (рис.9.6):

1) для відведення і очищення нафтомістких нейтральних виробничих і виробничо-зливових стічних вод. Стічні води першої системи каналізації після очищення, як правило, використовуються для виробничого водопостачання (поповнення системи оборотного водопостачання і для окремих водоспоживачів). Загальний солевміст цих вод не перевищує 2000 мг/л;

2) для відведення й очищення виробничих стічних вод, що містять нафту, нафтопродукти і нафтові емульсії, солі, реагенти та інші органічні і неорганічні речовини (рис.9.9). Друга система каналізації в залежності від виду і концентрації забруднюючих речовин включає наступні самостійні мережі:

- нафтосолемістких вод від установок з підготовки нафти, підтоварних вод сировинних парків, зливальних естакад тощо;

Національний університет водного господарства та природокористування

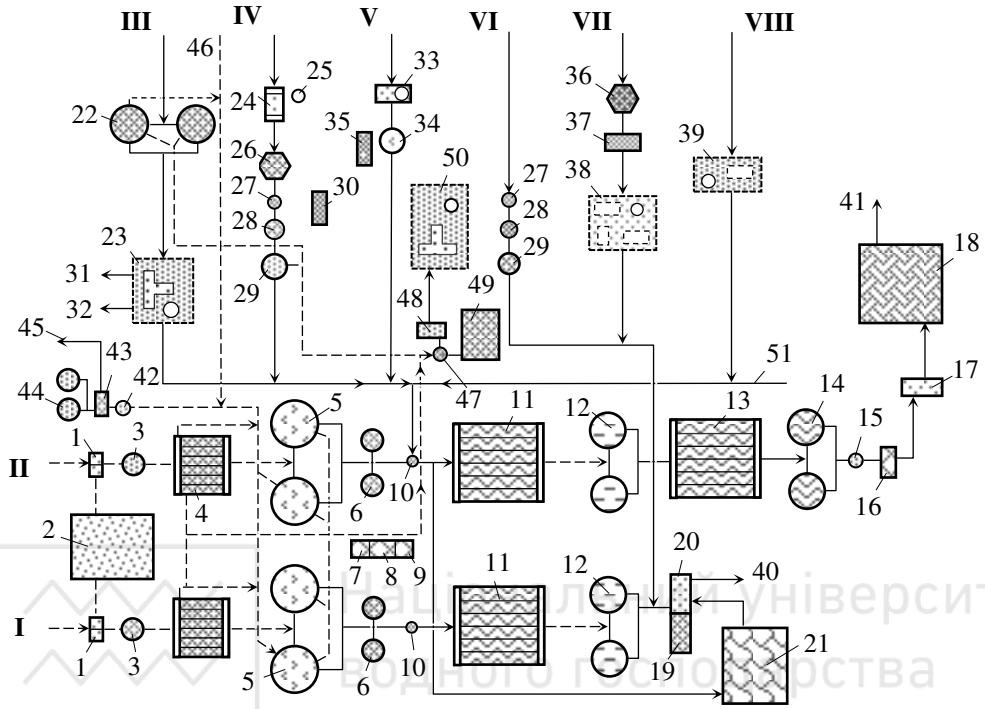


Рис. 9.6. Принципова схема очисних споруд для стічних вод нафтопереробного заводу:
1 – зливовий скид; 2 – аварійна комора: 3 – уловлювач піску; 4 – нафтовловлювач; 5 – радіальний відстійник; 6 – флотатор; 7 – рециркуляційна насосна станція: 8 – реагентне господарство; 9 – установка біогенного підживлення; 10 – змішувач; 11 – аеротенк; 12 – вторинний відстійник; 13 – аеротенк II ступені; 14 – третинний відстійник; 15 – прийомний резервуар; 16 – насосна станція; 17 – барабанні сітки і піщані фільтри; 18 – буферний ставок; 19 – повітродувна станція; 20 – насосна станція циркулюючого активного мулу і повернення води; 21 – аварійна ємність; 22 – резервуар усереднювач-нафторозділювач; 23 – установка знешкодження сірчистих лугів; 24 – продуктоуловлювач; 25 – резервуар оброблення продукту; 26 – регулююча ємність; 27 – змішувач; 28 – контактний резервуар-нейтралізатор; 29 – шламовий відстійник; 30 – реагентне господарство і насосна станція; 31 – кальцинована сода на утилізацію; 32 – сірководень на утилізацію; 33 – упарювальна колона; 34 – відстійник дистиляту; 35 – насосна дистиляту; 36 – усереднювач; 37 – фільтр; 38 – випарна і кристалізаційна установка; 39 – установка знешкодження води від тетраетилсвинцю; 40 – повернення води в систему водообороту; 41 – скидання води у водойму або на використання; 42 – резервуар обводнених нафтопродуктів; 43 – насосна станція нафти; 44 – резервуари поділу; 45 – повернення обезводнених нафтопродуктів; 46 – обводнені нафтопродукти від нафторозділювачів водооборотних систем; 47 – резервуар для шламу; 48 – шламова насосна; 49 – резервний шламонакопичувач; 50 – установка для зневоднювання і спалювання нафтового шламу; 51 – подача механічно очищеної господарсько-побутової води; I – перша система каналізації. Нафтомісткі нейтральні стічні води: II – друга система каналізації. Нафтосолемісткі стічні води; III – концентровані сірчисто-лужні води. IV – стічні води виробництва синтетичних жирних кислот; V – стічні води нафтохімічних виробництв; VI – кислі слабомінералізовані стічні води; VII – мінералізовані концентровані, води каталізаторної фабрики; VIII – стічні води, що містять етильований бензин (споруди для обробки активного мулу умовно не показані)

Національний університет водного господарства та природокористування

- концентрованих сірчано-лужних вод (розчини від залужування нафтопродуктів, сірчисто-лужні конденсати);
- стічних вод виробництва синтетичних жирних кислот (СЖК), що містять парафін, органічні кислоти та інші речовини;
- стічних вод нафтохімічних виробництв, забруднених розчиненими органічними речовинами;
- стічних вод, що містять тетраетилсвинець від етилозмішувальних установок і інших об'єктів, де використовується етильований бензин;
- кислих стічних вод, забруднених мінеральними кислотами і солями.

Окремі мережі можуть бути відсутніми, якщо, наприклад, на заводі немає виробництв, що скидають відповідні види стічних вод, або передбачений їхній об'єднаний відвід. Зокрема, у мережу нафтосолемістких стічних вод після локального очищення допускається передавати стічні води виробництв СЖК або нафтохімічних [7].

Стічні води другої системи каналізації, що містять солі, після очищення, як правило, скидаються у водойму.

9.4.3. Локальне очищення стічних вод

До механічного і біохімічного очищення загального призначення окремі види стічних вод проходять локальне очищення.

Концентровані сірчано-лужні стоки, якщо немає можливості передати їх для промислового використання іншим підприємствам, усереднюються за концентрацією забруднень і за кількістю води і відстоюються від завісі та спливаючих нафтопродуктів. Далі вони сумісно зі стічними водами другої системи каналізації можуть направлятися на біохімічне очищення при вмісті сульфідів у змішаному стоці, що не перевищує допустимого. Якщо цю вимогу не можна виконати, то сірчисто-лужні стоки передаються на установку для регенерації лугу, або знешкоджуються шляхом деструкції сірчистих сполук з наступним біохімічним очищенням разом з іншими стічними водами.

Об’єм регулюючої ємності – усереднювача визначається тривалістю циклу зміни кількості води і концентрації забруднень і приймається на 3-годинний приплив сірчисто-лужних стічних вод. Нафтовловлювач – двохсекційний при розрахунковому часі відстоювання 2 год [3].

При деструктивних методах очищення сірчисто-лужних вод від сульфідів і сульфогідратів передбачається підкислення стічних вод вуглекислотою димових газів (карбонізація) або технічною вуглекислотою, що є відходом виробництва. Можливе використання з тією ж метою сірчаної кислоти.

При використанні димових газів вони проходять ряд підготовчих операцій: охолодження, адсорбцію вуглекислоти моноетаноламіном, конденсацію та ін. Димові гази подаються разом з водяною парою (тиском 0,12 МПа) на дезодораційну колону – карбонізатор, зрошувану стічною водою. Колона сталева з антикорозійною ізоляцією, обладнана тарілчастими і кільцевими дірчастими насадками. Щільність зрошення складає 8 – 10 $м^3/(м^2 \times год)$. Висота колони 8 – 9 м, насадки – 5 – 6 м.

Національний університет водного господарства та природокористування

При взаємодії сірчаних сполук із вуглекислотою виділяється сірководень:

$$Na_2S + CO_2 + H_2O = Na_2CO_3 + H_2S, \quad (9.1)$$

$$2NaHS + CO_2 + H_2O = Na_2CO_3 + 2H_2S.$$

Частина вуглекислоти витрачається на нейтралізацію лугу:

$$2NaOH + CO_2 = Na_2CO_3 + H_2O. \quad (9.2)$$

У процесі очищення стічних вод сірчисті сполуки відокремлюються на 97 – 98%, феноли на 75%. Витрата електроенергії складає 40 квт-год, а витрата пари – 200 кг на 1м^3 стічної води.

Розрахунковий обсяг димових газів визначають виходячи зі вмісту в них не менш 8% вуглекислоти (за об'ємом), а необхідна кількість останньої приймається з 3 – 4 - кратним запасом.

Сірчана кислота у випадку використання її при очищенні води надходить у змішувач зі стічною водою, барботованою повітрям (2 – 3 м^3 на 1 м^3 стічної води). Далі стічна вода направляється в дезодораційну колону, завантажену кислототривкими кільцями Рашига і вентильовану повітрям. Щільність зрошення 25 – 30 м^3/м^2 в 1 год, витрата повітря 10 – 12 м^3 на 1 м^3 води [14].

Потрібна кількість сірчаної кислоти визначається у відповідності з наступними реакціями (приймається з 20%-вим запасом):

$$Na_2S + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + H_2,$$

$$2NaHS + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + H_2S, \quad (9.3)$$

$$2NaOH + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2H_2O.$$

В усіх випадках віддутий сірководень, якщо він не може бути утилізований (для одержання сірчаної кислоти), підлягає спалюванню.

При регенерації лугу, що утворюється при руйнуванні сульфідів вуглекислотою (карбонізації) кальцинована сода може використовуватися як сировина для одержання розчину їдкого натру. Для цих цілей можливе застосування електролітичного методу регенерації лугу.

Стічні води виробництва синтетичних жирних кислот піддаються очищенню від парафіну й мастил і нейтралізації, після чого направляються на споруди біологічного очищення загального призначення.

Вода надходить у продуктоуловлювач – відстійник горизонтального типу, де впродовж 3,5 – 4 год обводнений парафін і масла спливають, після чого перекачуються на обробку (зневоднювання) в обробні резервуари. Вологість уловлених продуктів 90 – 95%.

У зв'язку зі значним газовиділенням продуктоуловлювач перекритий і має газовідвідну вентиляційну трубу. Щоб уникнути обростання парафіном внутрішньої змоченої поверхні споруд, зв'язаних з відділенням, перекачуванням і обробкою продуктів, передбачається підігрів стічної води до температури 60 – 70°С.

В наземних сталевих резервуарах продукти, що зневоднюються, при

Національний університет водного господарства та природокористування

температурі 70 – 80°С відстоюються впродовж 3 діб. Відстояна в резервуарах вода знову повертається на очищення.

Після продуктоуловлювача для усереднення концентрації розчинених органічних речовин вода направляється в регулюючу ємність, і далі в змішувач з реагентом і контактний резервуар.

З контактного резервуара стічна вода для виділення осаду направляється в шламові відстійники радіального типу. Навантаження стічної води 1 – 2 $м^3$/год на 1 $м^2$ площі поверхні відстійника. Шлам далі транспортується в нагромаджувач.

Після локального очищення вміст парафіну в стічній воді знижується до 100 мг/л, а загальна кількість розчинених у воді органічних речовин скорочується на 15 – 20%. Можлива присутність у воді омилених домішок (до 0,1%).

Стічні води, що утворюються в основному при скиданні конденсатів від установок переробки сірчистої нафти, доцільно піддавати ректифікації або при малих витратах конденсату окислюванню киснем повітря з переводом сульфідів у тіосульфати з наступним скиданням води в першу систему каналізації НПЗ для наступного біохімічного очищення. Вміст сульфідів при цьому знижується до 50 мг/л, а $БПК_{повн}$ – у 2,5 рази.

Стічні води, які містять неорганічні кислоти і солі, насамперед висококонцентровані маточні розчини каталізаторних фабрик, повинні направлятися на переробку з метою видалення солей, що є цінним мінеральним добривом (сульфат амонію, азотнокислий натрій та ін.).

Малоконцентровані стічні води, що містять мінеральні кислоти і солі, після нейтралізації направляються зазвичай в першу систему каналізації або в дощову каналізацію.

Стічні води, що містять токсичний тетраетилсвинець, підлягають повному знешкодженню. При недостатньому видаленні тетраетилсвинцю скидання стічних вод у каналізацію не допускається. У якості одного з методів видалення тетраетилсвинцю застосовується екстрагування його з води бензином. Очищені води направляються в другу систему каналізації НПЗ [7].

Стічні води, що містять летючі з паром розчинені органічні речовини з концентрацією, що ускладнює біологічне очищення, підлягають очищенню від органічних сполук на відпарочній колоні з тарілчастою насадкою. Температура верху колони 80 – 105° С, низу 95 – 150° С; кількість дистиляту, що утворюється – 10%; тиск у колоні не більш 0,065 МПа. Ступінь зниження *ХПК* – до 1000 мг O_2/л. Дистилят при відстоюванні розшаровується на водний шар, який направляється на зрошення колони, і органічний шар, який повертається у виробництво.

9.4.4. Механічне очищення стічних вод

До складу комплексу очисних споруд загального призначення для стічних вод нафтопереробних заводів входять споруди механічного і біохімічного очищення – окремі для першої і другої систем каналізації; споруди з обробки (зневоднення) уловлених нафтопродуктів і обробки нафтового шламу –

Національний університет водного господарства та природокористування

загальні для обох систем (рис. 9.6) [14].

За умовами спуску стічних вод у водойму може знадобитися також доочищення їх після біологічного очищення, а при поверненні їх у виробництво – прояснення на фільтрах (перша система) (табл.. 9.7).

Таблиця 9.7

Показники забруднень стічних вод НПЗ після механічного очищення

Показники	Значення показників, мг/л для системи каналізації НПЗ	
	першої	другої
Нафтопродукти (екстраговані чотири хлористим вуглецем)	25	25
Завислі речовини	30 – 40	40 – 60
Загальний вміст	700 – 2000	5000 – 6000
Феноли	5 – 8	2 – 3
Амонійний азот	25 – 30	20 – 30
ПАВ (деемульгатор)	–	20 – 100
ХПК, мг O_2/л	170 – 400	400 – 600
$БПК_{повн}$, мг O_2/л	150 – 250	200 – 300

Для механічного очищення стічних вод приймається наступний склад споруд:

– зливоскид – для перепуску стічних вод в аварійну камеру, якщо їхня витрата перевищує розрахунковий при зливі або у випадку аварії, коли в каналізацію скидається великий обсяг нафтопродуктів;

– аварійна камера, об'єм якої розраховується на приплив дощових вод впродовж 20 хв від дощу забезпеченістю один раз в рік плюс об'єм найбільш крупного наземного резервуара каналізованих нафтопарків: сумарно обсяг аварійної камери не повинен перевищувати 20000 м^3. Камера зазвичай земляна, її поверхня захищена бетонними плитами. Відстояна вода повинна з камери впродовж 3 – 4 діб передаватися на наступне очищення;

– уловлювач піску – для затримки грубих мінеральних домішок і частково спливаючих нафтопродуктів;

– нафтовловлювачі для уловлювання основної частини спливаючих нафтопродуктів і мінеральних домішок. Об'єм нафтовловлювачів розраховується на приплив води впродовж не менше 2 год;

– радіальні відстійники для додаткового відділення нафтопродуктів і завислих речовин, а також усереднення складу стічних вод, що розраховуються на приплив впродовж 6 – 8 год;

– напірні флотаційні установки з 50%-ною рециркуляцією стічних вод і їх обробкою коагулянтом. Для тієї ж мети при відповідному обґрунтуванні припустимо використання піщаних фільтрів. При флотації доза коагулянту $Al_2(SO_4)_3$ у перерахуванні на суху речовину для першої системи каналізації приймається 50 мг/л, для другої – 50 – 100 мг/л, доза ПАА – 0,75 – 1,5 мг/л, навантаження стічної води із урахуванням рециркуляції 4 – 5 м^3/год на 1 м^2 площі флотаційного відстійника (флотатора). Повітрям (3 – 5% обсягу води)

Національний університет водного господарства та природокористування

насичується тільки рециркуляційна вода. Ежектування повітря відбувається всмоктувальною трубою насоса. З метою кращого диспергування повітря у воді суміш подається в герметичний напірний бак (на 2 – 4 хв), у якому підтримується тиск 0,3 – 0,4 МПа. Піна, яка знімається з поверхні флотатора (3 – 4% витрати стічної води), направляється в шламонакопичувач;

– аварійні ємності для надлишку зливових вод, якщо приплив їх перевищує передбачений для передачі в аварійну камеру. Ці ж ємності використовуються при порушенні технологічного режиму будь-якої із систем каналізації. Вони розраховуються на добовий приплив стічної води найбільшої із систем.

9.4.5. Біологічне очищення стічних вод

Для біологічного очищення стічних вод передбачаються споруди, аналогічні до споруд для очищення міських стічних вод.

Стічні води першої системи каналізації НПЗ піддаються одноступінчастому біологічному очищенню з підживленням їх біологічними речовинами, які вводяться відповідно до співвідношення: 100 мг O_2/л $БПК_{повн}$ –5 мг/л азоту і 1 мг/л фосфору.

Стічні води другої системи каналізації направляються на біологічне очищення, як правило, у суміші з побутовими водами, що пройшли самостійне механічне очищення. При цьому одноступінчасте біологічне очищення передбачається при наявності у воді не більше 20 мг/л сульфідів та $БПК_{повн}$ – до 250 мг O_2/л, а двоступінчасте – при перевищенні зазначених величин. Вміст солей в очищеній воді не повинен перевершувати 10 г/л, а нафтопродуктів – 25 мг/л. Оптимальне співвідношення кількості виробничих і побутових стічних вод 1:1 (допускається 1:0,5).

Відповідно до технологічного регламенту, біологічно очищені води першої системи каналізації до повернення їх у виробництво повинні піддаватися фільтруванню, в результаті чого забезпечується зниження вмісту нафтопродуктів до 2 – 3 мг/л, завислих речовин до 4 – 6 мг/л, $БПК_{повн}$ до 5 – 7 мг O_2/л.

Об’єм регенераторів приймається зазвичай в межах 30% об’єму аеротенків. При двоступінчастому очищенні регенератори влаштовуються тільки на першому ступені.

У випадку очищення міських стічних вод в загальному комплексі споруд зі стічними водами НПЗ передбачаються два потоки міських вод: перший (основний) – без змішування з виробничими водами із передачею необхідної кількості міських вод для сумісного очищення. При такому рішенні забезпечується велика надійність роботи комплексу споруд і скорочується залишкова кількість нафтопродуктів в очищеній воді внаслідок меншого об’єму розбавлення нафтопродуктами стічних вод (табл.9.8).

Вловлені нафтопродукти для зневоднювання надходять як від споруд виробничої каналізації НПЗ (пісколовки, нафтовловлювачі, відстійники, ставки та ін.), так і від споруд систем оборотного водопостачання

Національний університет водного господарства та природокористування

(нафторозділювачі). Обводненість нафтопродуктів, що надходять – 50 – 70%.

Кількість уловлених нафтопродуктів визначають виходячи із середньої концентрації в стічній воді; першої системи каналізації – 0,5% (5 г/л), другої системи – 1% (10 г/л), системи оборотного водопостачання зазвичай охолоджених систем – 0,005% (50 мг/л) і систем, пов'язаних із барометричними конденсаторами змішування – 0,5% (5 г/л).

Таблиця 9.8

Розрахункові параметри і ефект біологічного очищення стічних вод НПЗ

Показники	Значення показників для систем каналізації НПЗ		
	першого (одноступінчасте очищення)	другого	
		одноступінчаста очищення	двоступінчаста очищення
Час аерації в аеротенках, год	5 – 6	6 – 8	4/8
Витрата повітря при глибині води 5 м, $м^3/м^3$ води	15 – 20	15 – 20	25/14
Доза мулу по сухій речовині, г/л	2 – 4	2 – 3	4,5/1
Приріст мулу по сухій речовині, $г/м^3$	25 – 50	25	25 – 50
Час перебування води у відстійниках після аеротенків, год	3	3	1,5/3
Концентрація забруднень у воді після очищення, мг/л:			
речовини екстраговані сірчаним ефіром	10 – 15	10 – 15	8 – 20
завислі речовини	До 25	20 – 25	20 – 25
феноли	0,2 – 0,3	–	0,1
ПАВ (деемульгатор)	–	5 – 30	4 – 25
$БПК_{повн}$, мг O_2/л	12 – 20	15 – 20	10 – 20

Примітки: 1. Над рискою приводяться показники для першого ступеня очищення, під рискою – для другого.

2. Залишкова концентрація ПАВ залежить від виду застосовуваних деемульгаторів. Солевміст стічних вод при їх очищенні практично не змінюється. Залишковий вміст кисню – 3 – 4 мг/л.

Розділення нафтопродуктів, як правило, відбувається в обробних резервуарах (наземних стальних, застосовуваних зазвичай для збереження нафти) в умовах попереднього підігріву нафтопродуктів у теплообмінниках до температури 50 – 70°С.

При проектуванні накопичувачів для нафтового шламу враховується рельєф місцевості. Влаштування накопичувачів для нафтового шламу варто розглядати як тимчасове рішення, оскільки воно пов'язане із використанням значних площ і створенням несприятливих санітарно-гігієнічних умов поблизу підприємств. Є досвід спалювання шламу в печах киплячого шару при температурі 1000 – 1100°С. Теплотворна здатність 1 кг шламу середнього складу досягає 9200 кДж (2200 ккал), що перевищує витрату тепла (6900 кДж,

Національний університет водного господарства та природокористування

1650ккал), необхідного для його спалювання. Паливо може знадобитися тільки при розпалюванні печі.

9.5. Очищення стічних вод виробництва смол, лаків і фарб

Стічні води виробництва смол, лаків і фарб утворюються [7]:

а) в технологічних процесах отримання лаків, синтетичних смол (фенолформальдегідних, епоксидних, карбамідних та ін.), напівпродуктів мінеральних пігментів;

б) при мийці тари, апаратів і приміщень.

Стічні води містять домішки вихідної сировини проміжних і кінцевих продуктів. Склад забруднюючих речовин багатокомпонентний. Сюди відносяться акролеїн, формальдегід, фенол, фталева і малеїнова кислоти, метанол і бутанол, ацетон, ароматичні вуглеводні, смолисті речовини, хлориди лужних металів, сульфати амонію і натрію (табл. 9.9).

Таблиця 9.9

Кількість і характеристика хімічно забруднених стічних вод підприємств лакофарбової промисловості

Вид продукції	Середньо-річна кількість стічних вод, $м^3$ на 1 т продукції	Концентрація забруднень, г/л					*ХПК*, гO_2/л	*БПК$_{повн}$*, гO_2/л	*pH*
		фе-ноли	фор-маль-дегід	мета-нол	залишок				
					су-хий	ви-па-лений			
Фенолформаль-дегідні смоли	10,37	6,2	15	18	18	10	180	138,4	4
Епоксидні смоли	3,06	0,2	–	–	215	205	75	–	12,5
Карбамідні смоли	6,48	–	45	100	–	–	–	–	6,8
Алкідні смоли	3,78	–	–		0,72	0,05	2,7	2,05	5,6

Локальне очищення стічних вод на I стадії передбачає лужну конденсацію фенолу і формальдегіду при одночасному ректифікаційному відгоні спиртів. Усереднені і нейтралізовані стічні води, підігріті до температури 60 – 65°С, надходять у ректифікаційну колону, де після підлужуються їдким натром до pH=9 – 11 і нагріваються до температури 96 – 98°С. З колони відбирають метанольно-бутанольну і водно-бутанольну фракції. Перша фракція піддається вторинній ректифікації для додаткового отримання товарних продуктів, друга розділяється на бутанольні шари, що повертаються у виробництво та водний шар, що приєднується до оброблюваних стічних вод. Рідина, яка залишилася в кубі ректифікаційної колони, подається на II стадію очищення – регенерацію, що здійснюється методом контактного випарювання (рис. 9.7). Рідина зі збірника 2 подається насосом 5 через теплообмінник 3 у верхню частину

Національний університет водного господарства та природокористування

скрубера 4. У нижню частину скрубера повітродувкою 6 нагнітається повітря, яке насичується вологою і летучими домішками при контакті з підігрітою стічною рідиною. Пароповітряна суміш зі скрубера 4 надходить у пальник випарного апарата 11. У пальник подається також пальний газ, і суміш їх згоряє за температури 800 – 900°С.

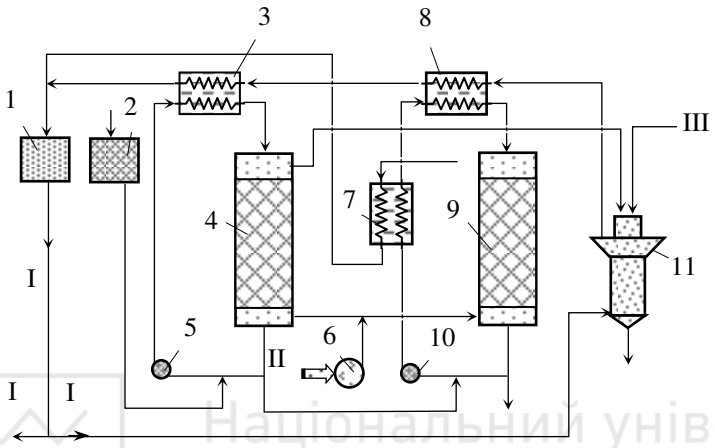


Рис. 9.7. Схема регенерації (очищення) стічних вод виробництва фенолформальдегідних смол методом контактного випару:
I – регенерована вода, II – повітря, III – пальний газ, 1 – збірник регенерованої води; 2 – збірни стічної води; 3, 7, 8 – теплообмінник; 4, 9 – скрубер; 5, 10 – насос; 6 – повітродувка; 11 – випарний апарат

Топкові гази барботуються через очищену воду, насичуються вологою й охолоджуються до температури 87 – 90° С. Парогазова суміш надходить у теплообмінник 8, де нагрівається стічна рідина, яка циркулює в скрубері 9, і потім надходить у теплообмінник 3 для нагрівання вихідної стічної рідини, яка циркулює в скрубері 4. Конденсат і гази надходять у збірник 1 регенерованої води. Зі збірника 1 частина води знову поступає у випарний апарат 11 для поповнення втрат. Вода зі скрубера 9 подається насосом 10 через теплообмінники 7 і 8 у скрубер 9, де також продувається повітрям. Пароповітряна суміш зі скрубера 9 проходить через теплообмінник 7 і віддає тепло циркулюючій стічній рідині; конденсат і повітря також надходять у збірник 1. Упарена стічна рідина зі скрубера 9 виводиться у вигляді розчину, близького до насичення або суспензії Після відстоювання або фільтрування розчину його рідка фаза може бути повернута в скрубер 9, а сіль спрямована на утилізацію або термічне знешкодження смол.

В таблиці 9.10 наводяться дані про ступінь очищення забруднених виробничих стічних вод для розглянутого прикладу.

Очищені води можуть бути використані у виробництві для приготування розчинів, промивки устаткування, миття підлог, тари й в інших цілях або спрямовані на біологічне очищення разом з побутовими водами підприємства

Національний університет водного господарства та природокористування

[1]. У залежності від місцевих умов забруднені води можуть бути направлені на біологічне очищення вже після І стадії локального очищення.

Таблиця 9.10

Результати комплексного очищення стічних вод виробництва фенолформальдегідних смол

Показники	Значення показників		
	До очищення	Після очищення на стадії	
		I	II
Температура стічних вод, °С	18 – 25	18 – 25	18 – 25
Концентрація забруднень, г/л:			
Феноли	6,2	3,4	0,003
Формальдегід	15	0,6	0,025
Метанол	18	7	0,015
Бутанол	51	12	0,02
Смольні речовини	1,7	1,5	відсутні
ХПК (біхроматна окисленість), г *О*/л	180	49,2	0,42
$БПК_{повн}$, г O_2/л	138,4	40,1	0,3
Мінеральні речовини, г/л	16	18	0,05
pH	4	5,6	6

Деякі параметри установки локального очищення (для ІІ стадії очищення):

Висота скруберів, м	3
Поверхня насадки, $м^2/м^3$, при розмірах кілець Рашіга 50×50×5 мм	90
Висота насадки, м	2
Щільність зрошення, $м^3/м^2$	15
Швидкість продувки повітрям, м/с	1
Витрата природного газу для пальника, $м^3$ на 1 т випареної вологи	70

Показники, що характеризують ефективність біологічного очищення стічних вод виробництва фенолформальдегідних смол:

$БПК_{повн}$ вихідної води (після розбавлення), мг O_2/л	500 – 525
Окисна потужність аеротенка, г O_2 на 1 $м^3$ споруд за 1 доб	1560
Витрата повітря, $м^3$ на 1 $м^3$ води	54 – 60
Тривалість аерації, год	8
Приріст мулу, м на 1 м знятої *БПК*	0,08
$БПК_{повн}$ після очищення води, мг O_2/л	5 – 9
ХПК, мг O_2/л	90 – 170
Азот нітритів, мг/л	10 – 12
Фосфор, мг/л	0,5
pH	7 – 8
Феноли	відсутні

9.6. Стічні води заводів машинобудівної промисловості

До машинобудівної галузі відносяться заводи автомобільні, тракторні, комбайнобудування, сільськогосподарських машин, автотракторної

Національний університет водного господарства та природокористування

електроапаратури, підшипникові, верстатобудівні, інструментальні та ін. Технологічні процеси більшості цих заводів багато в чому подібні між собою.

Стічні води більшості заводів машинобудівної промисловості можна розділити на наступні основні категорії [7]:

I – чисті від охолодження технологічного устаткування (50 – 80% загальної кількості);

II – забруднені механічними домішками й оліями (10 – 15%);

III – забруднені кислотами, лугами, солями, сполуками хрому, ціану та інших хімічних речовин (5 – 10%);

IV – відпрацьовані мастильно-охолоджувальні рідини або емульсії (до 1%);

V – забруднені пилом вентиляційних систем і горілою землею ливарних цехів (10 – 20%);

VI – поверхневі (дощові, талі, поливально-мийні).

Характеристика стічних вод різних категорій наведена в табл. 9.11. Концентрація забруднень у стічних водах уточнюється у виробничих умовах.

Таблиця 9.11

Характеристика стічних вод заводів машинобудівної промисловості

Показники	Значення показників стічних вод категорії (мг/л)						
	I	II	III		IV	V	VI
			Промивні води	Відпрацьовані розчини			
Механічні домішки	до 0,02	0,1 – 0,3	до 0,05	до 0,3	0,05 – 0,2	0,5 – 15**** 15–100	0,15 – 2
Масла, нафтопродукти	до 0,01	0,05 – 0,4	до 0,002	до 0,05	10 – 80***	–	0,05 – 0,3
Загальний солевміст	до 1	0,3 – 0,4**	0,5 – 1	10 – 300	до 1	0,3 – 1**	до 0,5
Залізо	–	–	0,02 – 0,2	40 – 80	–	–	–
Хром шестивалентний	–	–	0,01 – 0,08	50 – 250	–	–	–
Ціан	–	–	0,01–0,06	10 – 150	–	–	–
Мідь	–	–	0,01–0,05	10 – 150	–	–	–
Нікель	–	–	0,01–0,05	50 – 200	–	–	–
Цинк	–	–	0,01–0,06	10 – 100	–	–	–
Кадмій	–	–	0,005–0,03	5 – 50	–	–	–
pH	7 – 9	8,5 – 9,5	4 – 11	2 – 12	9,5 – 11	6,5 – 8	7 – 8,5

* Скидаються не частіше 1 раз1 в 1 – 2 тижні

** В залежності від якості води джерела водопостачання.

***В залежності від марки і складу застосовуваного емульсолу

****Над рискою дані механічні домішки в основному від пилу вентиляційних систем, під рискою – від горілої землі

Національний університет водного господарства та природокористування

Стічні води I категорії варто використовувати в системі оборотного водопостачання з охолодженням на градирнях, у бризкальних басейнах, у закритих теплообмінних апаратах.

Стічні води II категорії після очищення до концентрації механічних домішок 10 – 30 мг/л і олій 5 – 20 мг/л доцільно повертати на технологічні потреби в ті виробництва, звідки вони отримані, а також використовувати для підживлення систем оборотного водопостачання і для поливу території. При поверненні на підживлення очищена вода підлягає стабілізаційній обробці.

Очищення і доочищення стічних вод II категорії можна здійснювати за схемою рис. 9.8, вибираючи варіант використання електрокоагуляції, напірної флотації або реагентної коагуляції. Для вловлювання великих механічних домішок і піску використовують також напірні і безнапірні гідроциклони.

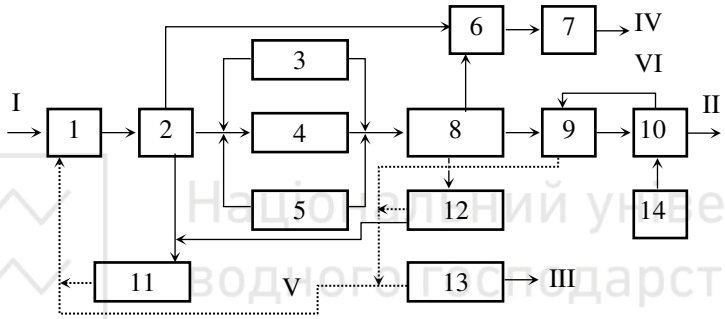


Рис. 9.8. Схема очищення стічних вод, забруднених механічними домішками і мастилами: 1 – усереднювач; 2 – пісковловлювач; 3 – установка електрокоагуляції; 4 – установка реагентної напірної флотації; 5 – установка реагентної коагуляції; 6 – маслозбірник; 7 – установка зневоднення мастил; 8 – відстійники; 9 – фільтри доочищення; 10 – резервуари очищеної води; 11 – піскові майданчики; 12 – ущільнювачі осаду; 13 – установка зневоднювання осаду; 14 – установка стабілізаційної обробки води; I – стічні води; II – очищена вода; III – осад; IV – мастила; V – фільтрат; VI – продукти регенерації фільтрів

При застосуванні реагентної напірної флотації використовується сірчанокислий алюміній дозою 20 – 30 мг/л по активному продукту.

При варіанті реагентної коагуляції можна застосовувати сірчанокислий алюміній дозою 30 – 60 мг/л і вапняне молоко для підтримки *pH* оброблюваних стічних вод у межах 7,5 – 8,5; тривалість змішування стічних вод з реагентами 10 – 15 хв.

Для відстоювання стічних вод можуть застосовуватися горизонтальні і вертикальні відстійники, нафтовловлювачі тривалістю відстоювання не менше 2 год. або тонкошарові відстійники. Для доочищення води можна застосовувати вбудовані у відстійники фільтри із фільтруючим шаром із синтетичних волокнистих матеріалів, відходів лавсанового виробництва й ін. [14].

Кількість осаду, що випадає у відстійниках, сягає 1 – 3% об'єму стічних вод; вологість осаду 98 – 99%. Осад зневоднюють на майданчиках

Національний університет водного господарства та природокористування

підсушування, або вакуум-фільтрах, фільтрпресах, центрифугах. Перед подачею на апарати зневоднювання осад попередньо ущільнюють не менше 1 доби до вологості 96 – 95%. Питома продуктивність апаратів зневоднення 15 – 20 кг/(год-м^2). Вологість зневодненого осаду при застосуванні вакуум-фільтрів складає 70 – 75%, фільтрпресів – 55 – 65%, центрифуг – 80 – 85%. У деяких випадках перед механічним зневоднюванням доцільна попередня коагуляція осаду хлорним або сірчанокислим залізом і вапном.

Стабілізаційна обробка полягає в хлоруванні очищеної води для знешкодження і запобігання біологічного обростання споруд і трубопроводів. Залишкова доза хлору 1,5 – 2 мг/л при 3 – 4-разовому хлоруванні впродовж доби. В окремих випадках потрібно підкислення води для запобігання карбонатних відкладень, орієнтована доза кислоти – 1,5 мг-екв/л.

Можлива також обробка води інгібітором для боротьби з корозією. Стічні води фарбувальних камер, особливо при значних їх об'ємах, доцільно виділяти в самостійний потік з очищенням на локальних спорудах, на яких застосовується реагентна обробка, електорокоагуляція, фільтрування. Очищена вода направляється в побутову каналізацію, а при глибокому очищенні повертається знову на фарбувальні камери.

Для знешкодження ціанмісткіх стічних вод рекомендується використовувати луг (вапняне молоко) і хлормісткі компоненти (рідкий хлор, гіпохлорит натрію, гіпохлорит кальцію, хлорне вапно та ін.). Кількість лугу повинна забезпечувати підтримку *pH* стічних вод у межах 10,5 – 11. Дозу активного хлору приймають рівною 3,5 частини за масою на 1 частину ціану. Опісля ціанмісткі води перед відстійниками підкислюють до *pH* = 7 – 8,5. Для очищення від ціанідів можливе також застосування марганцевокислого калію і перекису водню. Після реагентної обробки, відстоювання, а у деяких випадках і фільтрування, стічні води звичайно скидають у побутову каналізацію або у водойму. Повернення очищених і доочищених на фільтрах стічних вод можливе лише на невідповідальні операції.

Кількість осаду з вологістю 99%, який випадає у відстійниках, складає 5 – 12% об'єму стічних вод. Споруди з ущільнення і зневоднювання осаду приймаються ті ж, що і при очищенні стічних вод II категорії.

Для стоків, забруднених шестивалентним хромом з концентрацією до 100 мг/л, можна застосовувати електрокоагуляційне очищення. У процесі електрокоагуляції одночасно з очищенням стічних вод від шестивалентного хрому відбувається їх очищення від інших важких металів у межах ГДК для скидання на міські споруд біологічного очищення.

При необхідності повернення очищених стічних вод на потреби цехів металопокриттів варто передбачати іонообмінне очищення [5]. Очищення відпрацьованими реагентними розчинами і розчинами ванн проводиться реагентами. Застосування іонного обміну доцільно застосовувати при регенерації (поверненні у виробництво) елюатів і відпрацьованих розчинів. Для повернення стічних вод можливе застосування й інших методів: електродіалізу, гіперфільтрування, дистиляції, випарювання.

Для очищення стічних вод від шестивалентного хрому можливе

застосування технології, представленої на рисунку 9.9, суть якої полягає в переведенні шестивалентного хрому в тривалентний і далі в гідроокис під дією мікроорганізмів, які знаходяться в побутових стічних водах. Процес очищення відбувається в спеціальних спорудах – біовідновниках при відсутності кисню повітря і при змішуванні у визначених пропорціях стічних вод, забруднених шестивалентним хромом, і побутових стічних вод. Стоки, забруднені шестивалентним хромом, не повинні містити завислих часток що легко осідають або спливають, мастил, нафтопродуктів, катіонів міді і нікелю понад 5 мг/л для кожного катіону окремо або в сумі. Концентрація шестивалентного хрому в стоці не обмежується, *pH* стоку повинен бути в межах 6 – 8, *БПК* стічних вод не менше 150 – 200 мг O_2/л. Мінімальний вміст біогенних елементів у побутових стоках, мг/л: 3 – 8 фосфатів, 6 – 16 калію, 5 – 10 кальцію, 3 – 6 натрію, 15 – 25 азоту амонійного. Змішувати хроммісткі і побутові стічні води можна в співвідношенні, що забезпечує перевищення *БПК* суміші над кількістю внесеного з хроматом зв'язаного кисню не менше ніж на 25 мг O_2/л. Тривалість змішування стоків 15 хв. Активний мул, необхідний для відновлення хромату, розвивається і накопичується в біовідновлювачі в процесі біохімічного знезараження. Доза активного мулу в біовідновлювачі повинна бути не меншою 7 г/л за сухою беззольною речовиною. Для запобігання захоплення вільного кисню повітря біовідновлювачі проектують закритими з установкою механічних мішалок для підтримки мулу в біовідновлювачі у завислому стані. Очищення від шестивалентного хрому сягає 100%.

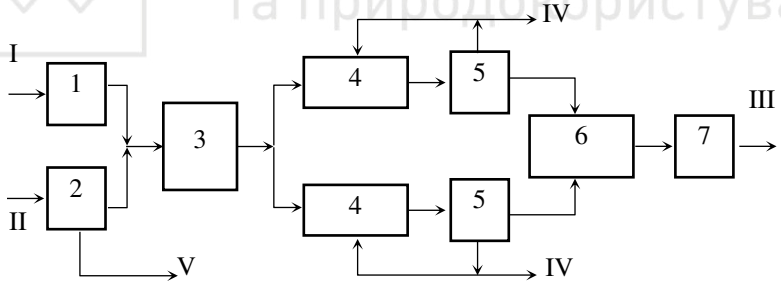


Рис. 9.9. Схема біохімічного очищення хроммісткіх стічних вод:
1 – усереднювач-відстійник; 2 – відстійник; 3 – змішувач; 4 – біовідновлювач; 5 – відстійники; 6 – резервуар освітленої води; 7 – фільтр; I – хроммісткі стічні води; II – побутові стоки; III – очищена вода; IV – активний мул; V – осад у побутову каналізацію

Очищення відпрацьованих мастильно-охолоджуючих рідин або емульсій (IV категорії стічних вод) перед їхнім скиданням у міську каналізацію здійснюють на самостійних очисних спорудах. В деяких випадках (при незначній кількості відпрацьованих емульсій, а так також для емульсій, які мають слабку емульгаційну плівку) можливе їх очищення сумісно зі стічними

Національний університет водного господарства та природокористування

водами II категорії. Відпрацьовані мастильно-охолоджувальні рідини після очищення на локальних установках можуть бути скинуті в потік стічних вод II категорії для подальшого сумісного місцевого очищення і доочищення. Для руйнування відпрацьованих емульсій застосовують методи реагентної флотації, реагентної сепарації, електрокоагуляції і гіперфільтрації.

Метод реагентної флотації може бути застосований для руйнування відпрацьованих емульсій [3]. При цьому застосовують коагулянт (сірчанокислий алюміній) дозою 1 – 3 г/л. Відпрацьовані емульсії, після попереднього відстоювання, видалення осаду і мастил подають у флотаційні камери флотатора, де відбувається руйнування і виділення емульсованих мастил у піну. Піну видаляють, очищену рідину скидають у каналізацію. Вміст мастил у стоці після очищення складає до 100 мг/л. Зниження їхньої концентрації до 20 – 25 мг/л може бути досягнуто багаторазовою напірною флотацією.

У процесі методу реагентної сепарації (центрифугування) руйнування емульсії відбувається в результаті відцентрового поділу часток різної густини. Перед сепарацією в емульсію додають сірчану кислоту. Перед скиданням у каналізацію *pH* стоку необхідно довести до 6,5 – 8,5. Концентрація мастил в очищеному стоці складає 25 – 50 мг/л. В центрифугах процес очищення проводять за схемою: усереднення і відстоювання стоку – підкислення емульсії сірчаною кислотою до *pH*=6,6 – 6,9 – видалення вільних мастил – обробка стоку в центрифузі. Очищену за такою схемою емульсію можна направити для подальшої очищення і доочищення в потік стічних вод II категорії. Продуктивність центрифуг 0,5 – 1 м^3/год. Метод реагентної сепарації застосовують для руйнування емульсій зазначених вище типів.

Метод електрокоагуляції застосовують для руйнування відпрацьованих емульсій, що містять емульсоли. При очищенні за такою схемою залишковий вміст мастил у стоці складає 15 – 20 мг/л. Стоки можуть бути скинуті в побутову каналізацію [3].

Попередньо очищені емульсії після електролізерів із залишковою концентрацією мастил до 20 мг/л можуть бути скинуті для подальшого очищення і доочищення в потік стічних вод II категорії.

Метод гіперфільтрування. Перед подачею на гіперфільтрування емульсії відстоюють і фільтрують [16]. В очищеній воді вміст мастил складатиме до 15 – 20 мг/л, а в концентратах – 150 – 500 г/л.

На підприємствах, які мають великі ливарні цехи, передбачається централізована оборотна система гідрошламовидалення. При дрібних цехах можливе будівництво локальних очисних установок з поверненням води у виробництво [9]. Стічні води, забруднені пилом і горілою землею, направляють на шламові майданчики або на відстійники, згущувачі, а також прояснюють в гідроциклонах з попередньою подачею реагентів. В якості реагентів застосовують сірчанокислий алюміній дозою 150 – 200 мг/л у розрахунку на $A1_2O_3$, поліакриламід дозою 1 – 2 мг/л за активною частиною, гашене вапно (при слабокислій реакції стоку).

Очищення стічних вод VI категорії відбувається в нагромаджувачах

Національний університет водного господарства та природокористування

дощового стоку і на пінополіуретанових фільтрах.

У деяких випадках у зв'язку з ідентичністю складу стоків на промисловій площадці можна проектувати об'єднані мережі каналізації і загальні очисні споруди для стічних вод II і VI категорії.

9.7. Автотранспортні підприємства

Стічні води автотранспортних підприємств (АТП) утворюються в основному при мийці автомобілів, як в умовах нормального технічного обслуговування, так і перед поточним ремонтом. Вода відводиться також від фарбувальних постів, окремих ділянок ремонтної служби: агрегатного, механічного, акумуляторного, електротехнічного. Кількість стічних вод на 1 автомобіль залежить від багатьох факторів і, зокрема, від типу автомобіля, характеру дорожнього покриття, перевезених вантажів (табл..9.12).

Таблиця 9.12

Кількість виробничих стічних вод АТП

Вид АТП	Середньорічна кількість забруднених вод, $м^3$ на 1 автомобіль	
	Не використовуються в обороті	оборотних, використовуються для мийки автомобілів
На 100 – 1000 легкових автомобілів	11,7 – 3,2	200
На 100 – 1000 вантажних автомобілів	19 – 9,7	450
На 100 – 600 автобусів	6,7 – 5,8	280
На 50 – 200 автосамоскидів	80 – 60	1450
Станція обслуговування легкових автомобілів з кількістю технологічних ділянок від 11 до 50	155 – 140	1050
Гараж-стоянка на 100 – 500 легкових автомобілів приватного користування	5,3 – 4,1	–

Примітка. Великі витрати відносяться до АТП із меншим числом автомобілів.

Виробничі стічні води від мийки автомобілів, миття підлог у приміщеннях для зберігання або обслуговування автомобілів містять нафтопродукти і завислі речовини; стічні води від технологічного устаткування можуть бути забруднені кислотами і лугами. Концентрація завислих речовин і нафтопродуктів у воді коливається в широких межах.

При роботі автомобілів на етильованому бензині стічні води можуть містити високотоксичний тетраетилсвинець (0,001 – 0,02 мг/л).

У використовуваній для мийки вантажних автомобілів проясненій виробничій стічній воді концентрація механічних домішок не повинна перевищувати 70 мг/л, легкових автомобілів і автобусів – 40 мг/л, концентрація нафтопродуктів не повинна перевищувати відповідно 20 і 15 мг/л. Вміст тетраетилсвинцю допускається до 0,001 мг/л [7].

Невелика кількість виробничих стічних вод від фарбувальних камер фарбувальної ділянки, що містять частки фарби і розчинник, від мийки

деталей на агрегатній ділянці, забруднених мастилами, лугом і механічними домішками, від промивання акумуляторів, які містять кислоти, скидається періодично (1 раз на тиждень або на місяць). Ці води приймають у буферні резервуари-відстійники, після чого піддають самостійному очищенню – фільтруванню, флотації. При цьому кислі стоки нейтралізують.

Атмосферні стічні води з майданчиків відкритого зберігання автомобілів і основних проїздів АТП забруднені завислими речовинами концентрацією від 300 до 2500 мг/л і нафтопродуктами концентрацією від 10 до 350 мг/л.

На АТП передбачають влаштування побутової і виробничої мереж каналізації, а також водостоків. При мийці автомобілів, як уже відзначалося, впроваджується система водообігу.

Основний метод очищення виробничих стічних вод механічний: відстоювання і фільтрування. Для видалення дрібних завислих часток у процесі механічного очищення застосовується коагуляція, що сприяє також зниженню вмісту тетраетилсвинцю. Оптимальна доза коагулянту (сірчанокислого алюмінію) 50 мг/л. Для прискорення реакції додається поліакриламід дозою 0,5 – 1 мг/л.

У випадках використання при мийці легкових автомобілів синтетичних миючих засобів передбачається також флотація з наступним видаленням піни.

До складу очисних споруд входять горизонтальний відстійник – фільтр, насосна станція, реагентне господарство, бункер для осаду [14].

Швидкість руху у відстійнику 4 – 5 мм/с, його довжина 10 – 18 м, ширина секцій 2 м. Наприкінці відстійника вода проходить заглиблену стінку, яка затримує нафту, і надходить у збірну камеру перед фільтрами (рис.9.10).

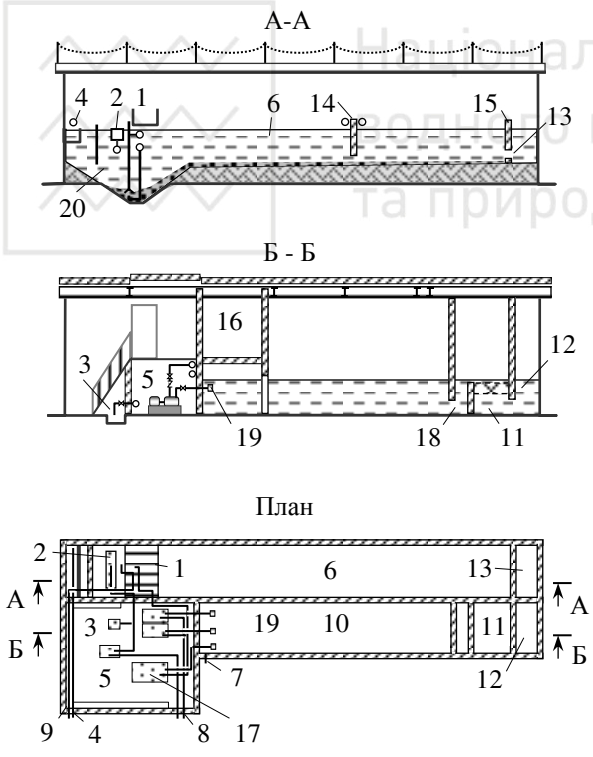


Рис. 9.10. Типовий проект очисних споруд для стічних вод від мийки автомобілів:
1 – монтажна площадка; 2 – маслозбірний лоток; 3 – приямок; 4 – труба подачі; 5 – насосна; 6 – відстійник; 7 – поповнення системи оборотного водопостачання; 8 – подача на мийку автомобіля; 9 – подача на гідроциклони; 10 – водозабірна камера; 11 – фільтри; 12 – розподільна камера; 13 – збірна камера; 14 – скребковий візок; 15 – занурена стінка; 16 – вентиляційна камера; 17 – насоси; 18 – зливна стінка; 19 – прийомний клапан; 20 – гідроелеватор

Національний університет водного господарства та природокористування

Нафтопродукти, що спливли, надходять у маслозбірний лоток і потім відкачуються насосом у ємність для мастил. Осад видаляється гідроелеватором із приямка відстійника. Згрібання осаду до приямка і згін нафтопродуктів до лотка здійснюються шкребком, змонтованим на пересувному візку. Осад зневоднюється на напірних гідроциклонах і накопичується в опалювальному приміщенні бункера.

Установка площею 16 – 20 м^2 звичайно розташовується в приміщенні гаража або мийки.

Після відстоювання води перед її фільтруванням можливе застосування електрокоагуляції. Щільність струму на пластинах електрокоагулятора приймається в межах 2,2 – 2,5 А/дм^2. Витрата електроенергії – у середньому 3 кВт на 1 м^3 стічної води.

Невикористана стічна вода після локального очищення в залежності від місцевих умов направляється в мережу побутової або дощової каналізації.

При скиданні стічної води в мережу дощової каналізації іноді застосовується додаткове її очищення, що включає каталітичне окислювання залишкових забруднень озоном. У блоці очищення розташовуються пристрій для контакту стічної води з озоном, вугільний фільтр, гідравлічний затвор і фільтр для води.

Національний університет водного господарства та природокористування

9.8. Фабрики первинної обробки вовни

Вовна, що надходить на фабрики, містить природні домішки – шерстний жир і піт, а також пісок, пил, гній тощо (табл..9.13). Забруднюючі речовини видаляють з вовни промиванням її в розчинах мила і соди або синтетичних ПАВ методом безперервної протитечії.

Таблиця 9.13

Характеристика стічних вод фабрик первинної обробки вовни

Вид шерсті	Концентрація забруднень, г/л				*ХПК*, г *О*/л	*БПК$_{повн}$*, г O_2/л	*pH*
	Завислі речовини	Сухий залишок	Шерстяний жир	Азот амоній-ний			
Тонка і напівтонка	20 – 40	35 – 45	8 – 12	0,2	40 – 50	16 – 20	9,7 – 10
Груба і напівгруба	10 – 12	15 – 30	2 – 3	0,1	15 – 20	3 – 6	9,6 – 10

Кількість стічних вод уточнюється в конкретних умовах. Під час проектування приймається 35 м^3 на 1 т митої вовни. Коефіцієнт годинної нерівномірності 2,2.

Інтенсивність кольоровості стічних вод характеризується кратністю їхнього розбавлення 1 : 1000÷1800, запах досягає 5 балів, винос волокна складає приблизно 2% маси від немитої вовни.

Методи очищення стічних вод. На початковій стадії очищення стічних вод

Національний університет водного господарства та природокористування

їх пропускають через установки вилучення волокна, піскоуловлювачі, усереднювачі. Ступінь вилучення волокна складає 85%. Піскоуловлювачі затримують 25% нерозчинних у воді речовин, вологість осаду 55%, зольність 60%. Усереднювачі влаштовують у вигляді бункерів з конічними днищами і гідравлічним перемішуванням рідини. В очищеній воді концентрація шерстного жиру знижується на 30%, *ХПК* і *БПК* – на 30 і 25% відповідно.

Біологічне очищення застосовують тільки для стічних вод від промивки вовни в мильно-содових розчинах (при відсутності ПАВ).

При концентрації органічних речовин за $БПК_{повн}$ від 6 до 20гO_2/л рекомендується застосовувати анаеробне зброджування в двоступінчастих метантенках з попереднім і наступним відстоюванням води впродовж 2 год.

Розрахункові параметри метантенків	
Зниження, %:	
концентрації забруднень:	
завислих речовин	65
шерстного жиру	80
ХПК	70
$БПК_{повн}$	90
Вихід газу, м^3 на 1 кг зниження $БПК_{повн}$	0,5 – 0,6
Кількість осаду, що утворюється, від об’єму стічних вод	12 – 14
Вологість осаду, %	93
Зольність осаду, %	60

У практиці набули поширення метод зброджування стічних вод, схема якого показана на рис. 9.11, і метод хімічної очищення, який полягає у відстоюванні стічних вод, оброблених великими дозами глинозему і вапна (доза глинозему 250 – 300 мг/л за іоном алюмінію, доза вапна – 1000 – 1600 мг/л за *CaO*) із подальшою нейтралізацією їх кислотою. Метод хімічного очищення, враховуючи склад води й особливо фазово-дисперсний стан забруднювачів, може забезпечити високий ефект попереднього очищення, достатній для відведення води на станцію біологічного очищення. Проте велика тривалість відстоювання (до 16 – 18 год) і значна кількість утвореного під час хімічного очищення осаду створює додаткову проблему його ущільнення і зневоднення, і не сприяє поширенню даного методу.

Методом, який за ефективністю наближається до хімічного, але дає менший об’єм осаду, є реагентно-флотаційне очищення стічних вод фабрик первинної обробки вовни, розроблене в НУВГП [3].

Вилучення забруднень за цим методом здійснюється бульбашками вуглекислого газу, який виділяється під час підкислювання стічних вод (хімічна флотація). Фактично це також хімічне очищення, що за формою відрізняється від вищезгаданого хімічного очищення лише послідовністю введення реагентів.

Хімічний метод, розроблений в НУВГП, полягає у тому, що спочатку вводиться глинозем і кислота для підтримування *pH* 4 – 4,5, а потім після флотаційного прояснення – вапно для нейтралізації надлишкової кислоти. Характер хімічних реакцій, які перебігають у тому і в іншому випадку, звісно,

буде різним. У сильнолужному середовищі утворюються пластівці важкорозчинного алюмінату кальцію, яким притаманна висока адсорбційна здатність, що призводить до прояснення стічної води. У слабокислому середовищі після добавляння коагулянту утворюється гідроокис алюмінію, який є ефективним коагулянтом і сорбентом, а після добавляння кислоти відбувається коагуляція білкових речовин, більшість яких має ізоелектричну точку в межах *pH* 4,1 – 4,7.

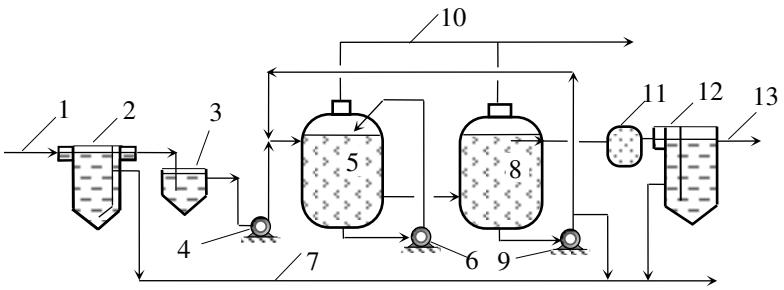


Рис. 9.11. Схема очищення вовномийних стічних вод у метантенках:
1 – надходження стічних вод на очищення; 2 – первинний відстійник; 3 – камера нейтралізації; 4, 6, 9 – насоси; 5 – метантенк першого ступеня; 7 – відведення осадів на зневоднення; 8 – метантенк другого ступеня; 10 – газопровід; 11 – змішувач-дегазатор; 12 – вторинний відстійник; 13 – відведення очищеної води

Технологічна схема очищення стічних вод (рис. 9.12) включає звичайний комплекс споруд попереднього очищення, що розташовується, як правило, на території фабрик, і комплекс споруд хімічного очищення, який починається з вертикальних відстійників, розрахованих на дво-, чотиригодинне відстоювання. Потім стічні води надходять у нагромаджувачі, роль яких полягає у зниженні агрегативної стійкості високодисперсних забруднювачів під час довготривалого перебування в них (2 – 3 доби). Це в 1,5 – 2 рази зменшує витрату коагулянту, що є дуже суттєвим через його великі дози, а також знижує навантаження на вакуум-фільтри за сухою речовиною. Водночас у нагромаджувачах відбувається усереднення стічних вод, що полегшує їх подальшу обробку реагентами. Виключити із схеми нагромаджувачі можна тільки за даними відповідного техніко-економічного обґрунтування. Стічна вода, що пройшла через нагромаджувачі, оброблюється глиноземом у дозах 80–200 мг/л із розрахунку на іон алюмінію, подається в змішувач, розрахований на перемішування протягом 1,5 – 2 хв, і надходить у флотокамери. Кислота вводиться безпосередньо перед флотацією в дозах, які забезпечують підтримування *pH* 4 – 4,5.

Механічне зневоднювання осаду доцільно здійснювати на центрифугах.

Біологічне очищення стічних вод від промивання грубої і напівгрубої вовни з $БПК_{повн}$=3 – 6 гO_2/л відбувається методом аеробного окислювання в аеротенках-змішувачах з доочищенням води в аеротенках-вититискувачах II

ступеня.

Рідкофазне окислювання не залежить від виду застосовуваних миючих засобів і здійснюється на установках при температурі 300°С і тиску 15 МПа при теплообміні вхідної і вихідної рідини без її попереднього відстоювання. Очищені води і виділені з них осади стерильні.

Розрахункові параметри рідкофазного окислювача	
Зниження, %:	
концентрації забруднень:	
завислих речовин	98
шерстного жиру	95
ХПК	90
$БПК_{повн}$	88
Кількість осаду (від об'єму стічних вод)	10 – 12
Вологість осаду, %	96
Зольність осаду, %	83 – 95

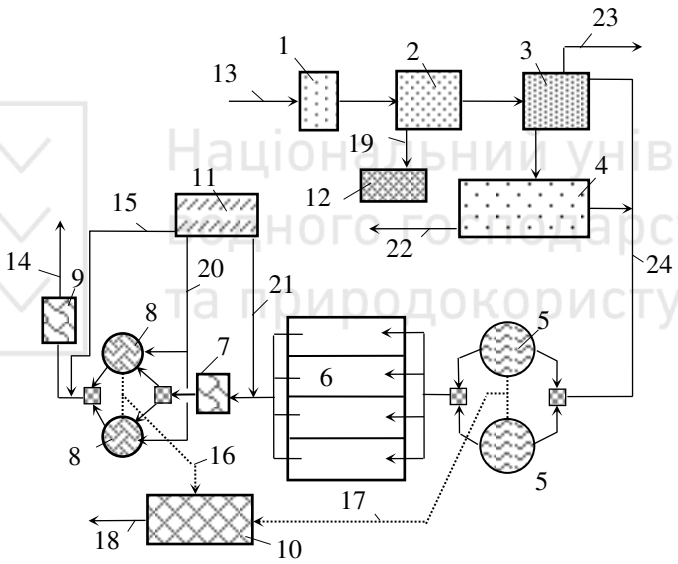


Рис. 9.12. Технологічна схема реагентно-флотаційної очищення стічних вод фабрик первинної обробки вовни (флотація в кислому середовищі):
1 – 4 – комплекс споруд попередньої очищення (1 – грати; 2 – пісковловлювачі; 3 – вовновловлювачі; 4 – цех вилучення жиру); 5 – відстійники; 6 – нагромаджувачі; 7,9 – змішувачі; 8 – флотаційні камери; 10 – цех механічного зневоднення осаду і шламу; 11 – реагентне господарство; 12 – піскові майданчики; 13 – стічна вода з вмістом жиру; 14 – очищена стічна вода; 15 – вапно; 16 – шлам; 17 – осад; 18 – кек; 19 – пісок; 20 – кислота; 21 – глинозем; 22 – жир; 23 – вовна; 24 – загальний потік стічних вод

Метод хімічного очищення стічних вод від промивки вовни аніонними ПАР концентрацією 0,6 г/л виявився досить трудомістким в експлуатації і не набув поширення.

Зневоднювання осаду доцільно робити на мулових майданчиках з навантаженням мулу 0,8 $м^3/м^2$ на рік.

Національний університет водного господарства та природокористування

9.9. Шкіряні заводи

9.9.1. Джерела утворення, кількість і характеристика стічних вод

За видом продукції розрізняють заводи твердих шкір для нижньої частини взуття і заводи шкір для верхньої (хромове виробництво). Є також заводи з тим і іншим (змішаним) виробництвом [3].

Стічні води на шкіряних заводах утворюються в основному при проведенні підготовчих і дубильних технологічних операцій, а також у процесі обробки шкір.

Коефіцієнт годинної нерівномірності стічних вод приймається в межах 1,3 – 2,5. Кількість потрібної води, $м^3$ на 1 т сировини шкіряних заводів (у перерахунку на вагу) в залежності від виду продукції і застосовуваних технологій її виробництва складають 50÷80 $м^3$ на 1 т сировини.

Стічні води шкіряних заводів відносяться до висококонцентрованих і містять різні забруднення: частки міздри, вовна, кров, продукти розпаду білків, жири, поверхнево-активні речовини, барвники, смоли, а також різні мінеральні сполуки – вапно, сульфіди, луги, кислоти, титану й ін. Через наявність значної кількості органічних речовин стічні води здатні до загнивання.

Розмаїття умов у формуванні і відведенні стічних вод обумовлює значні коливання в них забруднень (табл. 9.14).

Таблиця 9.14

Характеристика стічних вод шкіряних заводів по видах виробництва (загальні стоки)

Показники	Середнє значення показників для виробництва		
	Змішаного	Шкір для низу взуття і юхтових	Шкір для верху взуття
Концентрація забруднень, мг/л			
Завислих речовин	2730	2810	2880
Щільність осаду	5930	6130	6420
Азот:			
Загальний	230	260	220
Амонійний	120	140	90
Хлориди	2200	2800	2460
Сульфати	930	1250	680
Сульфіди	140	220	230
Окис хрому	126	30	190
Жири	330	270	550
ПАВ	43	–	150
Феноли	20	40	
Окислюваність, мг	790	1840	500
ХПК, мг O_2/л	2500	2700	3200
$БПК_5$, мг O_2/л	960	920	700
$БПК_{повн}$, мг O_2/л	1350	1500	1450
pH	9,3	10,5	8,5

Національний університет водного господарства та природокористування

Стічні води зольного цеху утворюються в процесі технологічних операцій по підготовці шкір. Вода після відмочування містить органічні і мінеральні домішки, шерсть, поверхнево-активні речовини концентрацією до 1000 мг/л при $БПК_{20}$ більш 1000 мг O_2/л. Вода після зоління багата органічними розчиненими речовинами, механічними домішками, містить вапно, сірчистий натрій і багато азотистих речовин, *pH* цих вод в межах 12 – 13.

Стічні води дубильного цеху при хромовому дубленні містять велику кількість сполук тривалентного хрому (до 10 г/л Cr_2O_3). У відпрацьованих дубильних розчинах залишається 22 – 28% витраченого на дублення окису хрому, що підлягає регенерації.

При дубленні шкір для низу взуття відпрацьовані дубильні розчини містять синтетичні (синтани) і рослинні (таніди) дубителі, хром, феноли, можлива присутність цирконієвих і титанових дубителів. Концентрація танідів до 40 – 50 г/л, завислих речовин – до 11 – 14 г/л, $БПК_{20}$ складає до 12 г O_2/л, *ХПК* – до 23 г O_2/л, сухий залишок – до 100 г/л, *pH*=4. Концентрація фенолів у відпрацьованих розчинах, що містять синтетичні дубителі досягає 800 мг/л.

Стічні води фарбувального цеху містять незначні кількості хрому, танідів, емульгаторів, жирів, барвників, завислих речовин і ПАВ, тощо.

9.9.2. Очищення стічних вод шкіряних заводів

Стічні води шкіряних заводів підлягають попередньому локальному очищенню (з метою видалення грубодисперсних домішок, завислих речовин, хрому, ПАР, фенолів і сульфідів), та наступному біологічному очищенню (рис.9.13, 9.14). На шкіряних заводах звичайно влаштовують три каналізаційні мережі: загальних виробничих стоків, хромомістких стоків і побутових стічних вод. Доцільно також виділення окремої мережі каналізації зольних стоків, що містять основну кількість сульфідів (до 10 г/л S^{2-}), з наступним їх локальним очищенням. При великому об'ємі стічних вод з високою концентрацією фенолів їх необхідно також направляти в окрему мережу і піддавати відповідній обробці [14].

До споруд попереднього локального очищення відносяться ґрати, вовноутримувачі, усереднювачі, відстійники, жироловки, флотатори, установки осадження і регенерації хрому, а також споруди для обробки осаду (механічне зневоднювання, сушка, спалювання).

При запровадженні схем попереднього локального очищення стічних вод шкіряних заводів передбачають рециркуляцію відпрацьованих технологічних розчинів (зольних, дубильних і т.п.) з постійним додаванням у систему реагентів, у міру їх відпрацювання, а також регенерацію солей хрому з відпрацьованих дубильних розчинів (рис.9.15). Це дозволяє значною мірою знизити токсичність стічних вод і скоротити витрати реагентів і споживання свіжої технічної води.

Можливе використання біологічно очищених стічних вод на технологічні потреби в переддубильних і дубильних операціях, на яких витрачається більше 60% води від загального водоспоживання заводу. При цьому якість

біологічно очищених стічних вод повинна задовольняти санітарно-гігієнічним і токсикологічним вимогам [2].

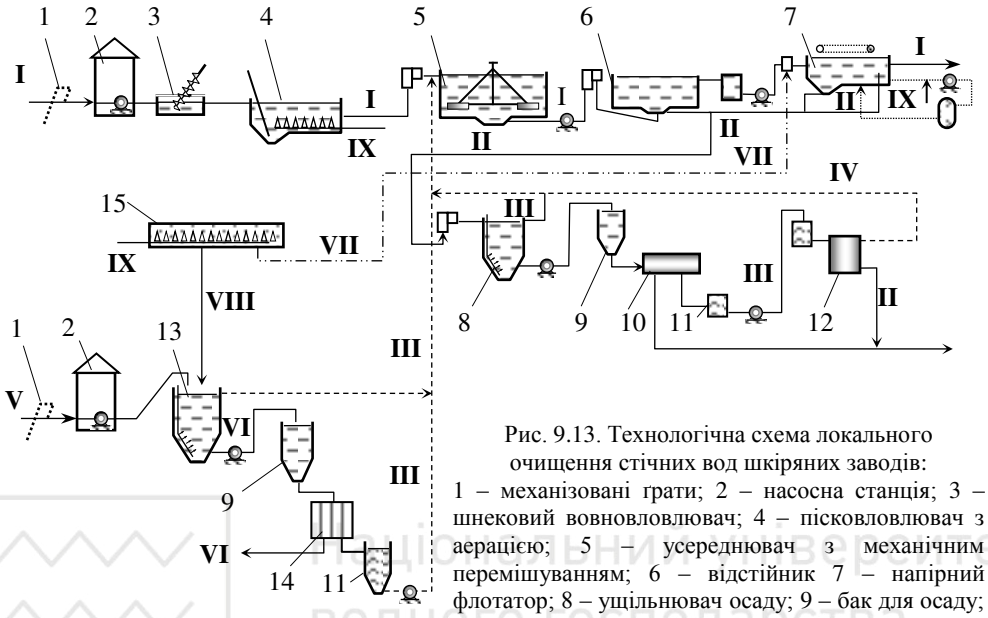


Рис. 9.13. Технологічна схема локального очищення стічних вод шкіряних заводів:
1 – механізовані грати; 2 – насосна станція; 3 – шнековий вовновловлювач; 4 – пісковловлювач з аерацією; 5 – усереднювач з механічним перемішуванням; 6 – відстійник 7 – напірний флотатор; 8 – ущільнювач осаду; 9 – бак для осаду; 10 – центрифуга; 11 – бак для фугату; 12 – сепаратор; 13 – відстійник осадження хрому; 14 – фільтрпрес; 15 – реагентне господарство; I – виробничі загальні стоки; II – осад і флотаційний шлам загальних стоків; III – фугат від центрифуг і фільтрпресів; IV – фугат від сепараторів; V – хромміткі стоки; VI – осад хромістких стоків; VII – розчин $FeSO_4 \cdot 7H_2O$; VIII – реагент; IX–повітря

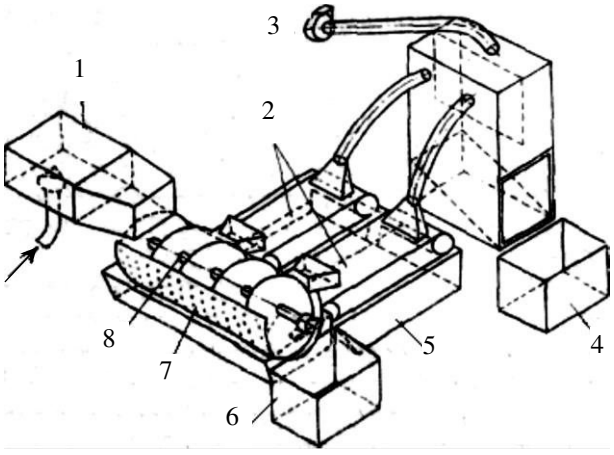


Рис. 9.14. Комбінований вовновловлювач зі шнеком і транспортером:
1 – гасник напору; 2 – транспортер вовновловлювач; 3 – вентилятор; 4 – збірник вловленої вовни; 5 – корито для чистої води; 6 – ємність для забруднюючих речовин; 7 – перфорований жолоб; 8 – шнек вовновловлювача

Національний університет водного господарства та природокористування

У складі споруд для вилучення зі стічних вод крупнодисперсних речовин, таких, як обрізки шкіри, волосся, міздря, жири, обривки шкір, стружка хромових шкір, передбачаються вовновловлювачі різних типів: транспортерні, оснащені капроновою сіткою з отворами діаметром 1 мм, зі зніманням вовни щітковими валиками і ін.

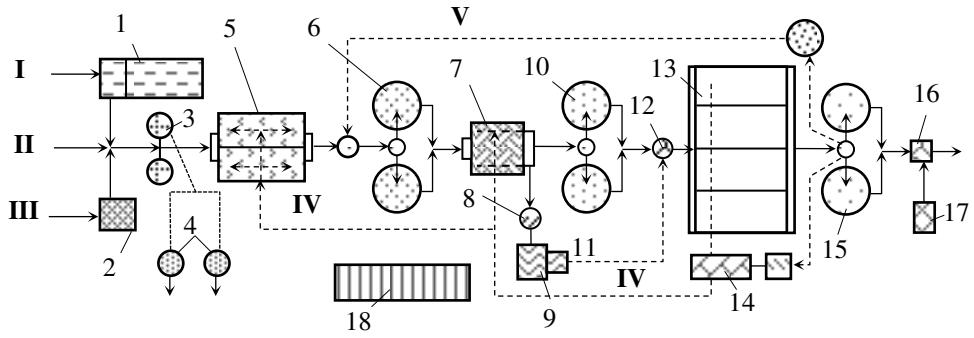


Рис. 9.15. Схема попереднього і біологічного очищення стічних вод шкіряного заводу: 1 – горизонтальні відстійники; 2 – станція осадження хрому; 3 – пісковловлювачі; 4 – бункери для піску; 5 – усереднювачі; 6 – первинні відстійники; 7 – флотаційна установка; 8 – збірник конденсату піни; 9 – ємність конденсату піни; 10 – вторинні відстійники; 11 – станція біогенних добавок; 12 і 16– змішувачі; 13 – аеротенки з регенерацією активного мулу; 14 – повітродувна, насосна станція; 15 – третинні відстійники; 17 – хлораторна установка; 18 – цех зневоднювання осаду; I – зольні стоки; II – загальний стік; III – дубильні стоки; IV – повітря; V – рециркуляційна вода

Для усереднення стічних вод шкіряних заводів застосовують проточні усереднювачі з пневматичним або механічним перемішуванням. Тривалість усереднення коливається в межах 8 – 16 год. Передбачаються спеціальні пристрої для видалення в разі потреби піни і жиру з поверхні усереднювача. В складі споруд попереднього локального очищення передбачаються горизонтальні відстійники, які розраховують на приплив води впродовж 1,6 – 2 год, ефект прояснення 50 – 60%, вологість осаду 94 – 96% , об'єм осаду 3 – 5% об'єму стічних вод.

Змішування кислих і лужних стічних вод від дубильних і зольних операцій приводить до їхньої взаємної нейтралізації, це супроводжується коагуляцією і флокуляцією, що поліпшує процес відстоювання.

При необхідності посилення ефекту прояснення стічних вод можливе застосування коагулянтів $Al_2(SO_4)_3 \times 18H_2O$, $FeCl_3$ тощо. Ефект прояснення може сягати 70 – 85%. Одночасно знижується вміст сульфідів і органічних сполук (*БПК* зменшується приблизно на 30%).

При відстоюванні стічних вод із застосуванням реагентів об'єм осаду досягає 10 – 17% від об'єму стічних вод при його вологості 96 – 98%

Застосування флотації для попереднього локального очищення стічних вод

Національний університет водного господарства та природокористування

шкіряних заводів забезпечує значне зниження вмісту в них механічних домішок, сульфідів, хрому, ПАВ, жирів і органічних речовин.

Тривалість перебування води у флотаторі 1 год. Витрата повітря при диспергуванні його у воді за допомогою фільтросів 10 – 12 $м^3/(м^2 \times год)$, при напірній флотації 2 – 3% витрат стічної води. При двоступінчастій флотації стічна вода на I ступені підкислюється сірчаною кислотою до *pH*=4,5 ÷ 5, на II ступені підлужується вапном до *pH* = 8,5 ÷ 9,5. При одноступінчатій флотації застосовують сірчанокисле залізо – 1 г/л і вапно – 0,8 г/л.

У результаті попереднього локального очищення концентрація сульфідів у загальних стоках шкіряних заводів знижується до 15 – 20 мг/л (див. табл. 9.15).

Таблиця 9.15

Ефект очищення загальних стоків при реагентній флотації із рециркуляцією (результати експериментальних досліджень)

Показники	Значення показників на шкіряних заводах		
	На вході	На виході	Ефект очищення,%
Концентрація забруднень, мг/л			
Завислі речовини	1895	200	89,5
Хром	128	5	96
Сульфати	106	15	86
ПАВ	137	27	80
Жири	680	136	80
$БПК_5$,мг O_2/л	1600	800	50
pH	8,5	10	–

З огляду на нормативні вимоги до зниження вмісту сульфідів у стічних водах, що направляються на біологічне очищення (ГДК 1 мг/л), можливе їх осадження закисним залізом, окислювання киснем повітря при тривалій аерації (до 10 год), електролітичне окислювання з коагуляцією та ін [3].

Найбільшого поширення на шкіряних заводах набув метод каталітичного окислювання сульфідів киснем повітря. В якості каталізатора застосовують розчин хлориду або сульфату марганцю. При середній концентрації сульфідів у загальному стоці шкіряного заводу 50 мг/л (від 30 до 160) дозування каталізатора здійснюють з розрахунку підтримки в суміші співвідношення 0,4 – 0,5 мг Mn^{2+}:1 мг S^{2-}. Інтенсивність аерації близько 30 $м^3/(м^2 \times год)$, тривалість процесу окислювання сульфідів до 5 год у проточних умовах і до 2 год в умовах контактного режиму роботи окислювача, тобто в останньому випадку процес протікає більш ефективно. У зв'язку з цим при розрахунку окислювача варто приймати дві споруди. Окислювання сульфідів відбувається практично цілком. Для окислювання можливе застосування споруд типу аеротенків.

При обробці хроммістких стічних вод в якості реагенту для видалення з них хрому застосовують вапно або їдкий натр. При цьому приймають на 1 масову частину металевого хрому 1,11 масова частина негашеного вапна або 4 мас.ч. їдкого натру. Використовують розчин вапна 2%-ної, а їдкого натру 5%-ної

концентрації.

У випадку регенерації хрому і повторного його використання застосовують кальциновану соду Na_2CO_3. На 1 масову частину Cr^{3+} необхідно 2,5 масові частини кальцинованої соди.

Осадження гідроокису хрому протікає у контактних відстійниках. Тривалість відстоювання 5 – 6 год. При перемішуванні хроммістких стоків гострою парою і нагріванні їх до температури 60 – 80°С тривалість відстоювання сягає 2 – 3 год. Інтенсифікувати процес осадження гідроокису хрому можна шляхом додавання 1 – 2 мг/л поліакриламіду (ПАА). Кількість осаду складає 12 – 18% об'єму стоків. Вологість осаду 93 – 95%, концентрація в ньому Cr^{3+} 30 – 40 г/л, pH=8,9.

Для зневоднювання осаду хроммістких стоків застосовують вакуум-фільтри або прес-фільтр. Продуктивність вакуум-фільтра складає 17 – 20 кг/(м^2×год) за сухою речовиною; вологість кеку 82 – 83%; вміст Cr^{3+} у фільтраті 150÷160 мг/л при обладнанні вакуум-фільтра бавовняними фільтротканинами і до 1000 мг/л при застосуванні капронових фільтротканин.

Попереднє нагрівання осаду до температури 80°С дозволяє підвищити продуктивність вакуум-фільтрів у 2 рази.

При зневоднюванні на рамному фільтрпресі осаду вологістю 93 – 95% вологість кеку складає 72 – 78%. Продуктивність фільтрпреса при тривалості фільтроциклу 3 год і робочому тиску 0,8 МПа складає 18 кг/м^2 за сухою речовиною, концентрація Cr^{3+} у фільтраті 40 – 60 мг/л.

Стічні води шкіряних заводів, незважаючи на великий вміст в них органічних речовин і наявність токсичних інгредієнтів, що перешкоджають життєдіяльності мікроорганізмів, можуть піддаватися біологічному очищенню в аеротенках і біофільтрах (з рециркуляцією води і без неї). Середня швидкість окислювання органічних сполук ($БПК_5$=385 мг O_2/л) в аеротенку-змішувачі при дозі мулу 3,5 г/л складає 8 мг $БПК_5$, або 9,6 мг $БПК_{повн}$ на 1 г беззольної речовини мулу за 1 год. Дозу мулу в аеротенку приймають рівною 1,5 г/л, у регенераторі – 5 г/л. Питому витрату повітря і приріст активного мулу приймають відповідно до нормативних вимог.

При сумісному очищенні виробничих стічних вод шкіряних заводів з побутовими водами (виробничих до 75%) навантаження за $БПК_{повн}$ стічних вод на 1 м^3 об'єму аеротенків складає від 0,5 до 2 кг/добу. Тривалість аерації в залежності від характеристики стічних вод змінюється в широких межах – від 16 до 48 год. При нестачі побутових вод вводять біогенні елементи.

9.9.3. Очищення стічних вод з підвищеним вмістом концентрації СПАР

При вмісті високої концентрації СПАР на очищення спрямовується загальний потік стічних вод, який насамперед проходить через шнековий волокновловлювач (замість волокновловлювача можна установити сита або грати), а потім – пісковловлювачі, розраховані на 3 хв перебування води. Із пісковловлювачів стічні води за допомогою насосів перекачують у

Національний університет водного господарства та природокористування

флотаційний вовножировловлювач об'ємом на 35 хв перебування води, потім вони надходять в усереднювач-аератор на 16 – 24 год [14].

Вода в усереднювачі підкислюється сірчаною кислотою до *pH* 4 – 4,5 з метою коагуляції білкових сполук і перетворення сульфідів на сірководень, який віддувається під час аерування. Піна відводиться з усереднювача і гаситься. Потім стічні води подаються в флотатор, де вони змішуються з робочою рідиною (рис.9.16).

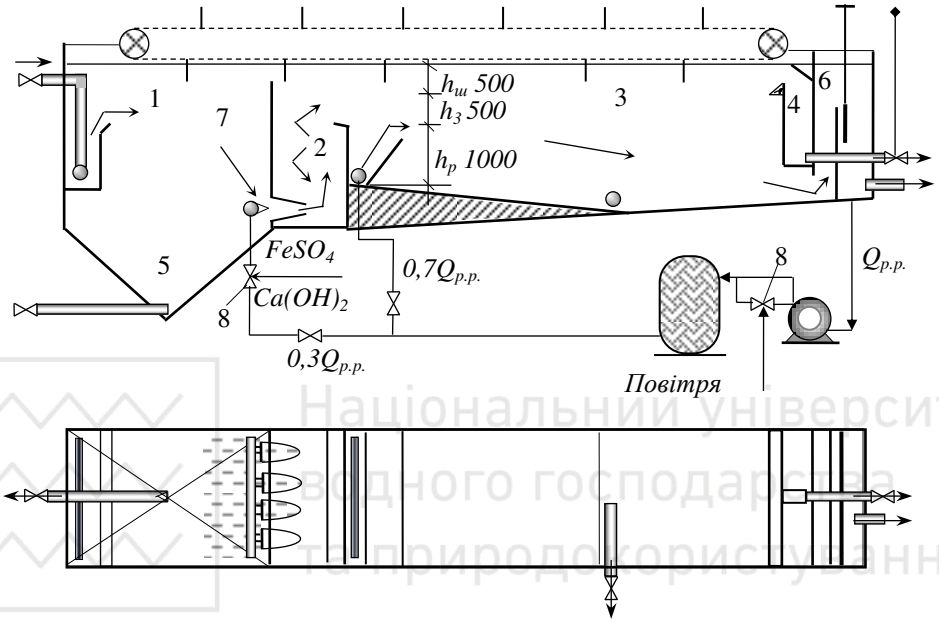


Рис. 9.16. Блок флотаторів:
1 – вовножировловлювач; 2 – камера реакції; 3 – камера напірної флотації; 4 – шламоприймальний лоток; 5 – осадовий бункер; 6 – водозлив з висотою порогу, що регулюється; 7 – сопло для перемішування стічних вод з реагентами; 8 – ежектор

Флотаційна камера флотатора розраховується на 30 – 45 хв. Прояснена вода нейтралізується вапном (*pH* 8 – 8,5) і надходить в електрокоагулятор - флотатор для остаточного доочищення.

В схему очищення стоків може бути включене механічне зневоднення осадів і шламів із подальшим їх спалюванням. Димові гази можна спрямувати в усереднювач для підкислення стічних вод.

9.9.4. Очищення стічних вод шкіряних заводів із підвищеною концентрацією сульфідів

Стічні води проходять попереднє механічне очищення на ситах або решітках і надходять в усереднювачі з аерацією. Тривалість усереднення повинна становити не менше 8 год, адже усереднення є основою стабільного очищення стічних вод шкіряних заводів.

Очищений зольник подають перед усереднювачем у загальний потік.

Національний університет водного господарства та природокористування

Усереднені стічні води надходять у безнапірні флотаційні установки для очищення від шерсті, жиру, частини завислих речовин і СПАР, потім, як і в першій схемі, використовують коагуляцію та напірну флотацію або електрокоагуляцію-флотацію. Під час роботи електрокоагуляторів у режимі "неповної коагуляції" остаточне доочищення здійснюють у фільтрах із пінополістирольним фільтруючим шаром.

Зольні стічні води послідовно проходять пісковловлювачі (розраховані на 2 хв перебування рідини) та усереднювачі, зазнають хімічної підготовки, яка полягає в обробці їх залізним купоросом (до 500 мг/л за іоном заліза) і сірчаною кислотою для підтримування *pH* 6 – 7, з подальшим відстоюванням впродовж 3 – 4 год. Таке очищення забезпечує залишкову концентрацію сульфідів не більше 10 мг/л. Утворені осади та шлами спрямовують у цех механічного зневоднення. Проте, з метою зменшення скиду сульфідів більш раціонально йти шляхом очищення і багаторазового використання зольного розчину та промивних зольних вод. Щоб застосувати зольний розчин 4 – 6 разів, досить попередньо прояснити його за допомогою відстоювання чи флотації та добавити свіжоприготовлений розчин. Для збільшення кількості циклів використання зольних розчинів застосовують коагуляцію їх солями металів, які не утворюють із сульфідами нерозчинних сполук [3].

Утворені в результаті очищення за розглянутими схемами шлами за своїми фізичними та гідравлічними властивостями відрізняються від звичайних осадів здебільшого насиченістю газоповітряними бульбашками і великою кількістю жирів, СПАР та інших речовин, що містяться в них (табл. 9.16).

Таблиця 9.16

Зниження концентрації забруднень за етапами флотаційної очищення стічних вод за схемою: безнапірна флотація – напірна флотація – електрокоагуляція-флотація

Забруднювач	Концентрація забруднень, мг/л				Загальний ефект очищення
	до очищення	після безнапірної флотації	після напірної флотації	після електрокоагуляції-флотації	
Завислі речовини	3000,0	1950,0	150,0	30,0	99,0
Жири	600,0	180,0	55,0	16,5	97,2
Шерсть	40,0	4,0	0,0	0,0	100,0
Сульфіди	100,0	70,0	3,5	8,5	99,5
СПАР	176,5	123,0	36,0	15,0	91,5
БПК	1500	1200	500	300	80,0

Зневоднення суміші осадів і шламів можна здійснювати за таких параметрів роботи вакуум-фільтрів: вакуум – 0,065 МПа, тривалість фільтроциклу – 180 с, фільтрації – 75 с, сушки під вакуумом – 52 с, наповнення корита вакуум-фільтра – 55%. Промивку фільтра здійснюють безперервно водою з температурою 40°С. Регенерація проводиться один раз на добу 3%-м розчином

Національний університет водного господарства та природокористування

інгібованої соляної кислоти (50 л на 1 м^2 поверхні фільтра).

Зневоднення флотаційного шламу можна здійснювати на фільтрпресах.

9.9.5. Локальне очищення стічних від танідів

На очищення подаються відпрацьовані розчини від операції дублення жорстких шкір із великою концентрацією танідів і промивні води після неї. Основним методом є флокуляція за допомогою білкових речовин. Для цього використовується відпрацьована зольна рідина, в яку потрапляє значна кількість білків із шкур під час їх зоління. Параметри процесу очищення приймаються таким чином, щоб забезпечити ефективну взаємодію між молекулами білків і танідів, яка призводить до адсорбції, утворення полімерних "містків", формування і збільшення розмірів пластівців, тобто власне флокуляції; а потім ефективне відокремлення їх від стічної води для її прояснення та знебарвлення (табл..9.17.).

Таблиця 9.17

Результати очищення стічних вод без зольника за схемою безнапірна флотація - електрокоагуляція - флотація - фільтрування

Забруднювач	Концентрація забруднень, мг/л				Загальний ефект очищення, %
	до очищення	після безнапірної флотації	після електрокоагулювання-флотування	після фільтрування	
Завислі речовини	4481	2381	220	40	99,1
Жири	160	40	8	1	99,4
Шерсть	50	4,5	–	відс.	100,0
Хром	106	89,9	23	1,0	99,1
Сульфіди	72	80	5	1,2	98,5
СПАР	26,2	18,2	7,6	7,5	71,0
БПК$_5$	–	–	262	220	–
ХПК	4900	4000	1000	810	83,0

Стічні води, що вміщують таніди, очищуються від крупнодисперсних домішок на ситах із розмірами отворів 3 – 3,5 мм і збираються в нагромаджувачі, розрахованому на 8 год перебування стічних вод, потім подаються в змішувач, куди також надходить попередньо оброблена зольна рідина (рис.9.17).

Для попередньої обробки відпрацьованої зольної рідини стічна вода проходить через сита, надходить у відстійник на 4 год перебування і далі подається в реактор, розрахований на 20 хв контакту з реагентом-окисником, необхідним для перетворення сульфідів на нетоксичні сполуки. В якості окисника застосовують пероксид водню дозою 3,2 – 3,6 г/л (*pH* 10 – 10,5). Для перемішування рідини в реакторі можна використати стиснене повітря [3].

Із реактора зольну рідину подають у змішувач у кількості, яку належить визначати за умови дотримання масового співвідношення білків і танідів у

Національний університет водного господарства та природокористування

суміші в межах 160 – 180 мг/г (за початкової концентрації білків у відпрацьованій зольній рідині 4100 – 6300 мг/л). Орієнтовне співвідношення кількостей стічних вод, що містять таніди, та відпрацьованої зольної рідини при цьому становить 1:1 – 1:2. Оптимальне *pH* для виділення танідів – 4,5 – 5,0. Тривалість перемішування – 2 хв. Із змішувача стічну воду спрямовують у камеру флокуляції на 15 хв перебування, в якій відбувається формування пластівців, їх укрупнення, утворення агрегатів – флокул.

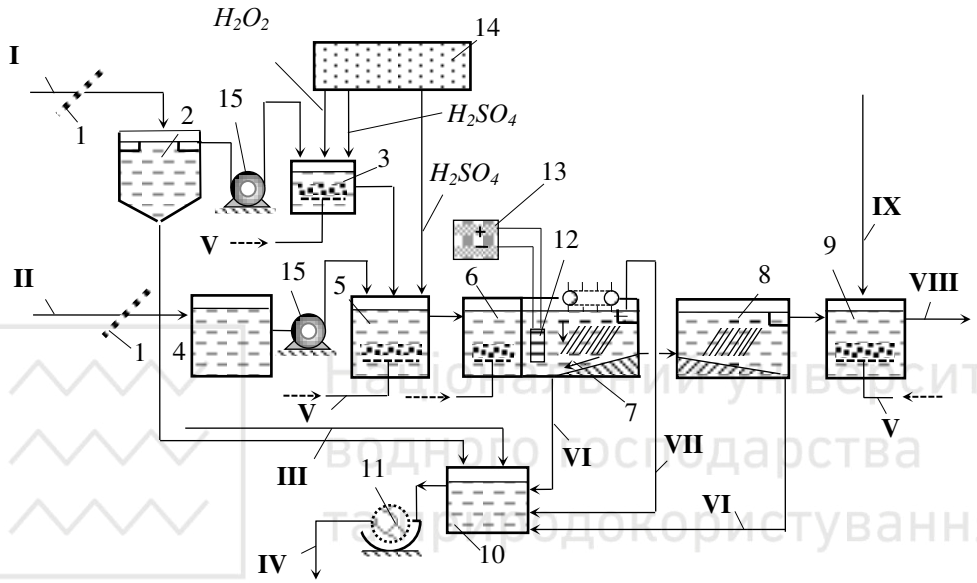


Рис.9.17. Технологічна схема очищення стічних вод шкіряних заводів, що містять таніди: 1 – сито; 2 – відстійник; 3 – реактор; 4 – нагромаджувач; 5 – змішувач; 6 – камера флокуляції; 7 – електрофлотатор; 8 – тонкошаровий відстійник; 9 – камера змішування; 10 – нагромаджувач осаду; 11 – вакуум-фільтр; 12 – електродна камера; 13 – випрямляч; 14 – реагентне господарство; 15 – насос; I – відпрацьована зольна рідина; II – стічні води, що містять таніди; III – осад після попередньої очищення загального стоку; IV – кек на вивіз; V – повітря; VI – осад; VII – флото-шлам; VIII – очищена вода на біологічне очищення; IX – загальний потік після попередньої очищення

Для розділення фаз застосовують електрофлотатор з густиною струму на електродах – 60 – 80 А/м^2, витратою струму – 20 А/м^3, витратою електроенергії – 1 кВт·год/м^3. Матеріал електродів: анодів – графіт, катодів – нержавіюча сталь. Відстань між електродами – 20 мм. У камері флотації на 20 хв перебування передбачається влаштування тонкошарового модуля.

Для зневоднення осадів і флотаційних шламів можна застосувати барабанні вакуум-фільтри з питомим навантаженням за сухою речовиною – 8 – 10 кг/(м^2 ·год).

Невеликі витрати стічних вод, що обробляються за описаною схемою, – 60 – 150 м^3/добу дозволяють здійснити блокування реактора, камери флокуляції, електрофлотатора і тонкошарового відстійника в установці компактної

конструкції.

Результати випробування технологічної схеми на заводі жорстких шкір наведені в табл. 9.18 [3].

Таблиця 9.18

Результати очищення стічних вод, що вміщують таніди, за схемою флокуляція- електрофлотація - тонкошарове відстоювання з використанням відпрацьованої зольної рідини

Забруднювач	Концентрація забруднень, мг/л			Загальний ефект очищення, %
	до сумісної очищення*	після електро-флотації	після тонко-шарового відстійника	
Завислі речовини	11156 – 21852	2231 – 5463	847 – 2349	92,4 – 89,3
Таніди	10300 – 21950	1030 – 5049	896 – 4593	91,3 – 79,1
Сульфіди	40 – 132	4,5 – 21,2	3,2 – 16,9	92,0 – 87,2
СПАР	36 – 411	2,2 – 37	2 – 35	94,4 – 91,5
ХПК	95000 – 110000	30400 – 40700	23410 – 32970	75,4 – 70,0

** – концентрації забруднень у суміші стічних вод, що вміщують таніди, і попередньо очищеної відпрацьованої зольної рідини.*

Очищені стічні води після змішування із загальним потоком стічних вод шкіряного заводу вміщуватимуть таніди (7,2 – 36,4 мг/л) та інші забруднення в концентраціях не більших за граничнодопустимі до скиду в міську каналізацію і не перешкоджатимуть подальшому біологічному очищенню.

9.10. Заводи первинної обробки льону

9.10.1. Кількість і характеристика стічних вод

Первинна обробка льону включає наступні основні технологічні процеси: попередню підготовку лляної соломи, віджимання, промивання і сушіння отриманого напівпродукту – лляної трести; її обробку на м'яльних і тіпальних машинах з одержанням волокон – сировини для вироблення лляної пряжі і тканин [7].

Кількість стічних вод цеху відмочування лляної соломи складає 19 м^3 на 1 т соломи (з урахуванням повторного використання частини відстійних стічних вод віджиму і промивання трести). Крім того, у цехах механічної обробки трести при її зволоженні утворюються малозабруднені стічні води в кількості 0,6 м^3 на 1 т соломи.

При іншій модифікації процесу мочки льону регенерація мочильної рідини проводиться в аераторах з ежекцією повітря. При цьому стічні води характеризуються наступними показниками:

Кількість стічних вод, м^3 на 1 т соломи	11,5
Концентрація забруднень, мг/л:	
завислі речовини	2100

Національний університет водного господарства та природокористування

сухий залишок	3200
азот амонійний	42
ХПК, мг O_2/л	3200
$БПК_{повн}$, мг O_2/л	2100
pH	6 – 6,2

Стічні води мають вигляд інтенсивно пофарбованої рідини типу колоїдного розчину з різким запахом і явно вираженою мутністю (табл..9.19).

Таблиця 9.19

Характеристика стічних вод цеху біологічної мочки льону

Вид стоку	Кількість стічних вод, $м^3$ на 1 т соломи	Концентрація забруднень, мг/л			*ХПК*, мг O_2/л	$БПК_{повн}$, мг O_2 /л	*pH*
		завислі речовини	сухий залишок	азот амонійний			
Від попереднього вилуджування розчинних речовин соломи	10,8	160	1350	16	800	350	7,1
Скид змочувальної рідини	3,2	2500	7200	30	4600	3300	6
Від промивки змочувальних камер	0,5	500 – 1000	400	10	700	150	7,5
Від віджиму і промивки трести	4,5	1800	1600	31	1800	1600	7
Загальний	19	1000	2500	25	1600	1120	–

Національний університет водного господарства та природокористування

9.10.2. Методи очищення стічних вод

Початковою стадією очищення стічних вод є їхній пропуск через ґрати, усереднення за припливом і концентрацією забруднень і відстоювання. У результаті досягається зниження концентрації завислих речовин в середньому на 20%. Мутність, інтенсивність фарбування і запах стічних вод залишаються без зміни.

Кількість осаду за 2 год відстоювання не перевищує 1,3% об'єму стічних вод.

При обробці стічних вод сульфатом алюмінію дозою 2 – 3 г/л концентрація завислих речовин знижується в середньому на 50%, значно зменшуються мутність і забарвлення. Кількість осаду вологістю 98% досягає 30% об'єму стічних вод. Висока концентрація органічних речовин обумовлює доцільність наступного біологічного очищення стічних вод. Оптимальним рішенням є використання станцій аерації з розбавленням стічних вод заводів первинної обробки льону побутовими стоками в кількості, що забезпечує виконання нормативних вимог.

Національний університет водного господарства та природокористування

Якщо відсутня можливість такого розбавлення, застосовують самостійне двоступінчасте біологічне очищення стічних вод в аеротенках-змішувачах з регенераторами на I ступені та аеротенками-витискувачами на II ступені.

9.11. Фабрики штучних технічних шкір

Фабрики штучних технічних шкір виробляють спеціальні картони – замінники шкір. Картони застосовують здебільшого для виготовлення внутрішніх деталей взуття. В якості сировини використовують целюлозу, макулатуру, відходи шкіряних заводів (обрізки шкіри, хромову стружку). Для проклеювання маси і надання водостійкості картону застосовують бітум, каніфоль, силікатний клей, каолін, їдкий натр, глинозем, латекси. Усі ці речовини потрапляють у стічні води разом із великою кількістю волокнистих домішок і зависей.

У каналізацію скидають 40 – 50% усієї води, зужитої в технологічному процесі. Решта знаходиться в обороті і використовується для приготування та розбавляння маси перед відливанням картону.

Склад забруднень стічних вод виробництва взуттєвих картонів характеризується такими показниками: *ХПК* – 200 – 800 мг/л; завислі речовини – 250 – 900 мг/л; $БПК_5$ – 40 – 75 мг/л; сухий залишок – 800 – 4600 мг/л; прожарений залишок – 300 – 800 мг/л; латекс – 5 – 30 мг/л; *pH* 6,6 – 8,0; інтенсивність забарвлення за розбавленням – 1:10 – 1:50.

Завислі речовини – це переважно волокнисті матеріали, які є цінною сировиною для вироблення взуттєвих картонів, отже повне вилучення волокна із стічних вод має велике значення.

Потрібно відзначити також присутність у стічних водах нафтопродуктів, які потрапляють у виробничу каналізацію внаслідок періодичного очищення вузлів технологічного обладнання (папмашин) з виготовлення картону від матеріалів для проклеювання.

У процесі вироблення картону майже всі технологічні операції пов’язані із значним водоспоживанням, яке становить 490 – 555 $м^3$ на 1 т картону для багатошарового відливання і 240 – 390 $м^3/т$ – для одношарового.

Для прояснення води застосовують відстійники різноманітних конструкцій, в яких досягається зниження концентрації завислих речовин на 50 – 60% за час відстоювання 1,5 – 2 год.

Найбільш ефективне прояснення стічних вод підприємств штучних шкір можна одержати шляхом підлужування їх до *pH* 9,0 – 9,5 із подальшим добавлянням сірчанокислого алюмінію (250 мг/л). Ефект прояснення досягає 98%, залишкова концентрація зависі – 10 – 30 мг/л. Проте під час відстоювання частина волокна спливає на поверхню, знижуючи тим самим ефект прояснення.

На деяких підприємствах фільтрування стічних вод здійснюють через сітку. Ефект роботи таких фільтрів не перевищує 30%.

Раціональною системою каналізування є розділення стічних під час їх утворення на два потоки: "чисті" і "брудні". До "чистих" стічних вод належать

Національний університет водного господарства та природокористування

підсіткові води папмашин і води, що утворюються під час вакуумної дегідратації одношарового відливання; до "брудних" – води після миття сукон і сіток.

Таке розділення дає змогу здійснити очищення "чистих" стічних вод із мінімальними затратами і використати їх в якості сприскових вод, а "брудні" стічні води після видалення з них великих забруднень разом із надлишком "чистих" вод спрямувати на розбавлення і приготування маси перед відливанням картону.

Крім вищезгаданих методів очищення, використовують різноманітні способи флотації з коагуляцією і без неї.

Ефективність різних способів флотації та обробки реагентами (табл. 9.20) показує, що з погляду одержання води, відразу придатної для використання в обороті, найкращим є спосіб електрокоагуляції-флотації. Спосіб напірної флотації можна застосувати в поєднанні з подальшим фільтруванням через пінополістирольні фільтри [3]. Техніко-економічне порівняння варіантів у кожному окремому випадку може виявити перевагу того чи іншого способу.

Таблиця 9.20

Очищення стічних вод різними способами флотації при різних технологічних параметрах

Забруднювач	Концентрація забруднень у вихідній воді, мг/л	Концентрація забруднень в очищеній воді, мг/л								
		Напірна флотація			Електрофлотація			Електрокоагуляція-флотація		
		Доза сірчанокислого алюмінію			Витрата струму, А·год/м^3			Витрата струму, А·год/м^3		
		0	250	450	12,5	25	50	12,5	25	50
Завислі речовини	531	224	209	112	262	215	143	79	44	36
ХПК	517	436	389	326	427	408	351	366	352	334

Технологічна схема включає сита або грати з прозорами, рівними 0,5 – 0,75 відстані між пластинами електродів. Стічні води усереднюються впродовж 4 – 6 год для того, щоб забезпечити більшу стабільність електричних параметрів на наступному етапі очищення (рис.9.18).

Електрокоагуляційно-флотаційні установки застосовують горизонтального типу з такими електричними параметрами електродної системи: густина струму – 40 – 60 А/м^2; витрата струму – 15 – 20 А·год/м^3; витрата електроенергії – 0,1 – 0,3 кВт·год/м^3; витрата металу електродів (алюмінію) – 5 – 7 г/м^3; тривалість флотації – 20 – 25 хв [3].

Об’єм шламу з вологістю 96% становить 1,5 – 2% об’єму очищеної води. Шлам скидають у резервуар, звідки він повертається у виробництво. Стічну воду з концентрацією завислих речовин 50 – 70 мг/л спрямовують на фільтри з фільтруючим шаром, виготовленим із гранул спіненого полістиролу. Загальна висота шару – 1,1 – 1,2 м; діаметр гранул – 6 – 1,5 мм. Фільтрування і

Національний університет водного господарства та природокористування

промивка фільтрів здійснюються зверху вниз. Швидкість фільтрування становить 7 – 10 м/год; умови промивки залежать від параметрів фільтруючого шару [6]. Після фільтрів воду, що вміщує 10 – 20 мг/л завислих речовин, спрямовують у збірник чистої води, звідки її забирають у виробництво і на промивку фільтрів.

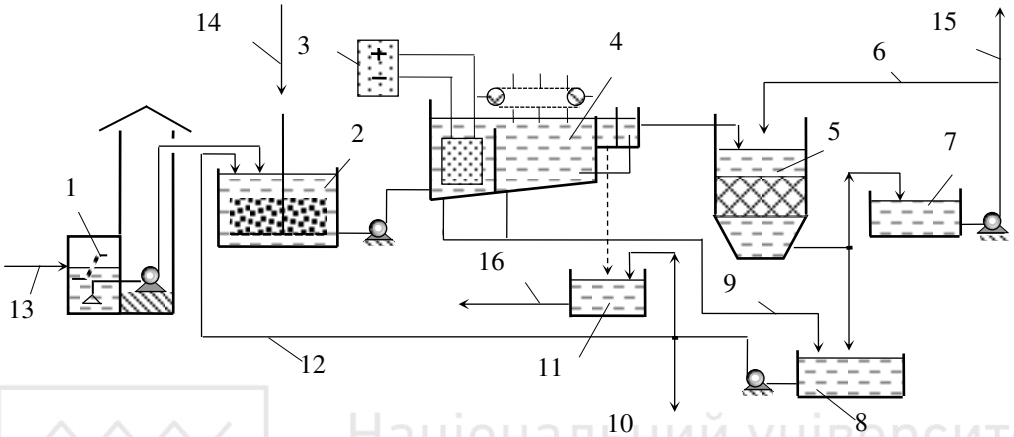


Рис. 9.18. Технологічна схема очищення стічних вод заводу “Шкірзамінник” [3]:
1 – грати; 2 – усереднювач; 3 – випрямляч; 4 – електрокоагулятор-флотатор; 5 – фільтри з фільтруючим шаром зі спінених гранул полістиролу; 6 – подача води для промивки фільтра; 7 – збірник чистої води; 8 – збірник промивної води; 9 – скид осаду; 10 – скид в міську каналізацію; 11 – збірник шламу; 12 – повертання промивної води для очищення; 13 – стічна вода на очищення; 14 – повітря; 15 – відведення очищеної води у виробництво; 16 – шлам у виробництво

Промивні води і осад з електрокоагулятора-флотатора відбирають у резервуар-збірник, звідки спрямовують в усереднювач на повторне очищення. Із цього ж резервуара передбачається скид продувної води в міську каналізацію.

У разі використання напірної флотації схема доповнюється установкою для приготування розчину сірчанокислого алюмінію та камерою реакції.

9.12. Технологічні схеми очищення стічних вод підприємств м'ясної промисловості

9.12.1. Склад та кількість стічних вод

До складу підприємств м'ясної промисловості відносяться м'ясокомбінати і м'ясоптахокомбінати, м’ясопереробні заводи, птахокомбінати. Стічні води на таких підприємствах утворюються в процесі утримання худоби та птиці, виготовленні м’ясної продукції, при митті приміщень (табл.9.21). Вони містять

Національний університет водного господарства та природокористування

землю, пісок, гній, вовну, пух, залишки кормів, жир, канигу, сіль тощо [7,10].

На м'ясопереробних заводах стічні води утворюються при мийці і вимочуванні м'ясної сировини, при душовому відмиванні ковбас і в агрегатах їхньої термічної обробки, при митті устаткування, тари і підлоги. Вони містять частки жиру, м'яса, крові, білки, невеликі кількості нітриту, селітри і солі.

Таблиця 9.21

Тимчасові укрупнені норми водовідведення для підприємств м'ясної промисловості [13]

Вид і потужність підприємства	Середньорічна кількість стічних вод, м^3			
	Всього	Виробничих забруднених	Побутових	Стоки, що не потребують спеціальної очищення
М'ясокомбінати і м'ясоптахо-комбінати потужністю, т за зміну 10 – 100	19	16	1	2
М'ясопереробні заводи потужністю, т за зміну до 40	13	9	1	3
Птахокомбінати потужністю 15 т за зміну	36	33	1,2	1,8

Примітки: 1. Нормативи дані без обліку стічних вод котелень.

Національний університет водного господарства та природокористування

Стічні води консервних цехів (заводів) формуються при мийці сировини, устаткування, тари, підлоги, при охолодженні банок консервів тощо. Вони забруднені жирами, частками крові і м'яса (табл..9.22). При виготовленні консервних банок утворюються кислі травильні та лужні води.

Таблиця 9.22

Характеристика стічних вод окремих цехів, жирних стоків, що скидаються в мережу

Показники	Значення показників для цехів			
	М'ясожирового	Технічних фабрикатів	Консерв-ного	М'ясопере-робного
Температура в зимовий період, °С	18 – 30	16 – 28	24 – 30	18 – 30
Концентрація забруднень, мг/л:				
Завислі речовини	2500	3500	650	1300
Хлориди	550	700	700	1300
Жири	700	2000	1000	1300
$БПК_{повн}$, мг O_2/л	2000	1300	1530	1600
pH	7,6	7	–	7,4

Національний університет водного господарства та природокористування

9.12.2. Системи і схеми виробничої каналізації

Для підприємств м'ясної промисловості проектують роздільну систему каналізації. М'ясокомбінати і м'ясоптахокомбінати мають дві сітки виробничої каналізації: забруднених жирних і забруднених нежирних стічних вод. Притік стічних вод на споруди їх очищення є нерівномірним в часі (табл. 9.23).

Таблиця 9.23

Коефіцієнт нерівномірності водовідведення для підприємств м'ясної промисловості

Вид і потужність підприємства	Коефіцієнт нерівномірності		
	Сезонний		Годинний
	Літній і осінній	Зимовий і весняний	
М'ясокомбінати і м'ясоптахокомбінати потужністю, т у зміну: 10 – 100	1,2	0,8	2,9 – 1,9
М'ясопереробні заводи потужністю, т у зміну до 40	1	1	2,6 – 2,8
Птахокомбінати потужністю 15 т у зміну	1,5	0,5	2,1

При відсутності закритої дощової каналізації в мережу забруднених нежирних стічних вод скидають незабруднені виробничі води. На птахокомбінатах проектують одну загальну мережу для усіх видів стічних вод.

Забруднені жирні і нежирні стічні води м'ясокомбінатів після відповідного механічного очищення на локальних цехових і загальнозаводських спорудах поєднують з побутовими стічними водами і транспортують по загальній мережі в міську каналізацію або на самостійні позамайданчикові споруди біологічного очищення. В останньому випадку необхідність спорудження вузла локального механічного очищення нежирних стічних вод на території м'ясокомбінату встановлюють в кожному конкретному випадку з техніко-економічних міркувань [14,17].

9.12.3. Локальне очищення стічних вод

Споруди локального очищення розташовують у безпосередній близькості від місць утворення стічних вод перед їх скиданням у мережу. Споруди призначені для максимально можливої затримки відходів виробництва з метою їхнього наступного використання, забезпечення нормальної роботи позамайданчикових мереж і споруд, запобігання поширення хвороботворних мікроорганізмів (табл.. 9.24).

Як правило, для всіх жирних стоків влаштовують цехові жироловки. Для остаточного локального очищення жирних стоків використовують центральну жироловку. Стічні води, що надходять на центральну жироловку, характеризуються наступними показниками:

Концентрація забруднень, мг/л:
завислі речовини 2300

Національний університет водного господарства та природокористування

хлориди	1100
жири	1200
БПК , мг O_2/л	1800
pH	7,2

Таблиця 9.24

Характеристика стічних вод окремих цехів і виробництв нежирних стоків, що скидаються в мережу

Показники	Значення показників для цехів і виробництв			
	Передзабійного утримання	Шкіро-посолочного	Шкіряного відділу	Птахокомбі-нату
Температура в зимовий період, °С	20 – 30	22 – 26	10 – 18	–
Концентрація забруднень, мг/л:				
Завислі речовини	3000	–	2300	800
Хлориди	160	4000	800	100
Жири	–	–	120	До 200
$БПК_{повн}$, мг O_2/л	1000	1000	1700	750
pH	7,6	6,8	7,6	5,6

Перед жироловкою розташовують ґрати і піскоуловлювачі, після жироловки – флотаційні установки. Комплекс зазначених споруд забезпечує наступний середній ефект очищення стічних вод від жиру і завислих речовин:

При флотаційних установках, %:

імпелерних	65 – 70
напірних	70 – 80
із застосуванням коагулянтів	до 95
при електрофлотаційних установках	70 – 90
>> електрофлотокоагуляційних	85 – 95

Для затримки крупних відходів на випусках забруднених нежирних стоків у м'ясожировому і м'ясопереробних корпусах установлюють механічні або ручні ґрати, решітки-дробарки, а також перфоровані самоочисні жолоби.

На випусках від загонів, приміщень для передзабійного знаходження худоби і каніжного відділення влаштовують вловлювачі гною, облаштовані ґратами.

На випусках травильних і лужних вод консервного заводу (цеху) влаштовують нейтралізатор.

Остаточне очищення забруднених нежирних стічних вод здійснюється на загальнозаводському вузлі механічного очищення, де стічні води послідовно проходять ґрати, пісковловлювачі, прояснювачі або відстійники (рис.9.20.).

Розрахункові параметри вторинних відстійників

Тривалість відстоювання, год.	1,5
Вологість мулу, що видаляється, %	99,6

Національний університет водного господарства та природокористування

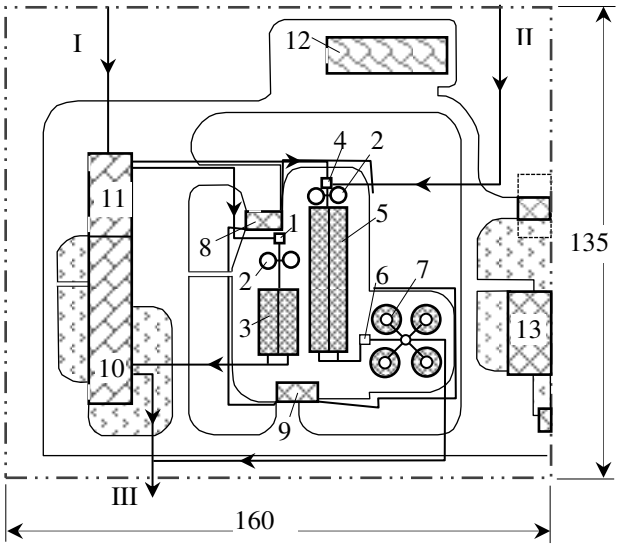


Рис. 9.20. Генплан вузла локального механічного очищення стічних вод підприємства м'ясної промисловості перед скиданням їх у міську каналізацію:

1 – прийомна камера забруднених жирних стічних вод; 2 – пісковловлювачі; 3 – жироловка; 4 – прийомна камера забруднених нежирних стічних вод; 5 – відстійники; 6 – змішувач; 7 – прояснювачі; 8 – приміщення бункера для піску; 9 – приміщення вакуумних баків для осадів і жиру: 10 – цех флотації; 11 – блок насосних станцій із гратами; 12 – хлораторна; 13 – адміністративний корпус; I – стічні води м'ясокомбінату; II – стічні води санітарної бойні і ізоляторів; III – скидання стічних вод у міську каналізацію

Дезінфекція інфікованих стічних вод передбачається в дезінфекторах контактного типу з тривалістю контакту не менш 2 год при дозі хлору, рівної 100 мг/л (рис. 9.21). Дезінфектор має дві камери, по черзі заповнювані стічними водами для контакту з хлором. Для перемішування стічної рідини з хлором передбачені насоси.

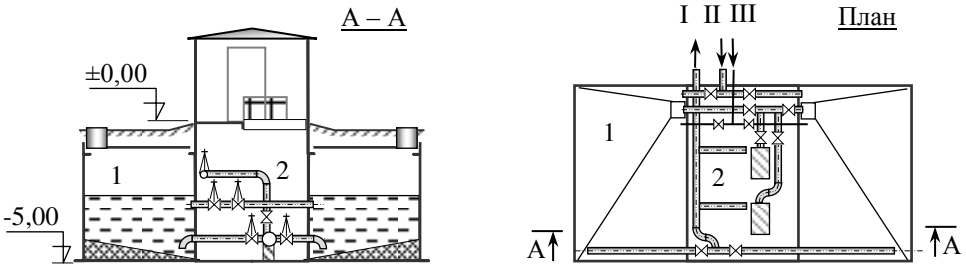


Рис. 9.21. Дезінфектор контактного типу:
1 – резервуар; 2 – насосна станція; I – знешкоджені стічні води; II – стічні води; III – хлорна вода

На майданчиках самостійних споруд біологічного очищення розміщаються ґрати, пісковловлювачі, прояснювачі або прояснювачі-перегнивачі. Для біологічного очищення стічних вод передбачають аеротенки з механічною аерацією або аеротенки-змішувачі з пневматичною аерацією і вторинні відстійники (рис.9.22, табл.9.25) [7].

Доочищення стічних вод при необхідності виконують на спорудах доочищення побутових стічних вод: мікрофільтрах, піщаних фільтрах і біологічних ставках.

Національний університет водного господарства та природокористування

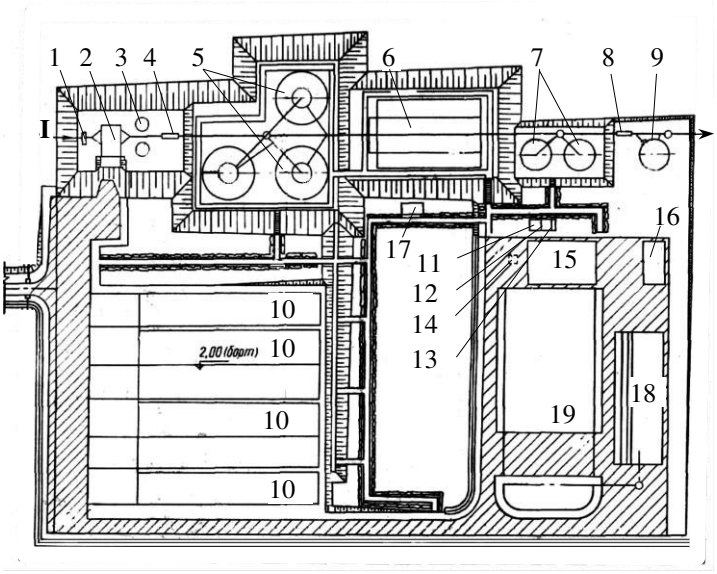


Рис. 9.22. Генплан очисних споруд м'ясокомбінату:
1 – прийомна камера; 2 – будинок грат; 3 – пісковловлювачі; 4 – водовимірювальний лоток; 5 – прояснювач-перегнивач; 6 – аеротенки; 7 – вторинні відстійники; 8 – змішувач; 9 – контактний резервуар; 10 – мулові площадки; 11, 12, 13 – резервуари осадів і води; 14 – резервуар дренажних вод; 15 – блок виробничих і побутових приміщень; 16 – хлораторна; 17 – вентиляційна установка; 18 – котельня; 19 – склад вугілля; I – подача стічних вод; II – випуск стічних вод.

Таблиця 9.25

Розрахункові параметри аеротенків

Показники	Значення показників при попередньому очищенні	
	На прояснювачі із безпосередньою аерацією	В електро-флотокоагуляторі
Характеристика стічної води:		
$БПК_{повн}$, мг O_2/л	1000 – 1200	350 – 450
ХПК, мг O_2/л	1650	500 – 650
Завислих речовин	270	45 – 60
Жирів	170 – 200	32 – 40
Доза мулу (по сухому залишку), г/л	4	1,6 – 2,1
Навантаження на мул, мг/(г·год)	14	124
Швидкість споживання кисню, мг/(г·год)	10,48	28,7
Тривалість аерації, год	24	8
Характеристика очищеної води:		
$БПК_{повн}$, мг O_2/л	20 – 25	15
ХПК, мг O_2/л	135 – 131	87 – 81
Завислих речовин, мг/л	15	12,8 – 8,9
Жирів, мг/л	4 – 3,6	0

Національний університет водного господарства та природокористування

9.12.4. Обробка уловленого жиру й осаду

З центральної жироловки жиромаса збирається механізованим шкребком у спеціальний відсік (бункер), а звідти за допомогою вакуумно-повітряної установки видаляється в жирозбірник.

Піна, знята з поверхні флотаторів, надходить в відстійник-декантатор. У ньому відбувається руйнування піни і поділ пінного продукту на жиромасу, осад і декантовану воду. Осад з відстійника періодично видаляється. Декантована вода направляється для очищення в голову споруд.

Вловлений жир після перетоплювання і відстоювання вивозиться для подальшої обробки й одержання технічних жирів або кормових продуктів.

Осад з центральної жироловки і флотаційних установок, а також осад, затриманий на позаплощадкових очисних спорудах, перекачується на наступну переробку [7,8].

Фугат і фільтрат, отримані при зневоднюванні осадів, направляються на відстоювання в голову споруд.

Річне навантаження на мулові майданчики-ущільнювачі Q, $м^3/м^2$, визначають за формулою:

$$Q=4\cdot K\cdot H, \qquad (9.4)$$

де K – кліматичний коефіцієнт; H – робоча глибина, м.

Раціональними технічними рішеннями з очищення стічних вод і обробки осадів може бути електрофлотокоагуляція, пінна сепарація, біологічне очищення в аеротенках із пропелерною і пневмомеханічною аерацією, біологічне очищення в двоступінчастих аеротенках, доочищення стоків у ставках і на фільтрах, застосування гідроциклонів для видалення важких домішок зі стоків, зневоднювання осаду в центрифугах, сушіння осаду в барабанних сушарках, застосування біогазових установок тощо.

9.13. Підприємства молочної промисловості

9.13.1. Формування стічних вод, їхня кількість і характеристика

До підприємств молочної промисловості відносяться молокоприймальні пункти для прийому й охолодження молока, сепараторні відділення; міські молочні заводи, де молоко переробляється в різні продукти (пляшкове молоко, кефір, сметану, морозиво та ін.), молочно-консервні заводи, що виготовляють згущене і сухе молоко; сироробні і маслоробні заводи [10].

На підприємствах молочної промисловості утворюються два види виробничих стічних вод: забруднені і незабруднені. Забруднені стічні води утворюються при мийці устаткування, технологічних трубопроводів, автомобільних і залізничних цистерн, фляг, склотари, підлоги, панелей виробничих приміщень. Незабруднені стічні води утворюються при охолодженні молока і молочних продуктів і устаткування і, як правило, направляються в систему оборотного водопостачання або на повторне використання для мийки устаткування, тари й інших цілей.

Національний університет водного господарства та природокористування

Кількість забруднених стічних вод складає 20 – 50% загального стоку. Витрата незабруднених виробничих стічних вод складає до 60 – 80% загальної витрати води на підприємстві. Загальна витрата стічних вод, що скидаються заводами, коливається від 15 – 20 до 2500 м^3/доб. Кількість побутових стічних вод складає 2 – 10% загального стоку (табл. 9.26).

Таблиця 9.26

Кількість виробничих стічних вод підприємств молочної промисловості

Вид і потужність підприємства (по переробленому молокуі)	Кількість стічних вод, м^3 на 1 т переробленого молока
Молокоприймальне відділення і сепараторний пункт	1,9
Міський молокозавод продуктивністю, т/доб ≤ 400	4,9 – 4,2
Маслосирозавод продуктивністю, т/доб ≤300	3,9 – 3,1
Сироварений завод продуктивністю, т/доб ≤300	5,5 – 3,9

Примітки: 1. Коефіцієнти годинної нерівномірності припливу стічних вод коливаються в залежності від потужності заводів у межах 1,4 – 2.
2. У таблиці приведена кількість стічних вод у теплий період року; для холодного періоду року приймається коефіцієнт 0,6.

Національний університет водного господарства та природокористування

Забруднення виробничих стічних вод підприємств молочної промисловості складаються з втрат молока і молочної продукції, відходів виробництва, реагентів, застосовуваних при мийці тари, устаткування, підлог і панелей приміщень (табл. 9.27).

Таблиця 9.27

Характеристика стічних вод підприємств молочної промисловості

Показники	Значення показників для заводів		
	Міських молочних	Сухого і згущеного молока	Сиро-виробничих
Концентрація забруднень, мг/л:			
Завислі речовини	350	350	600
Сухий залишок	1500	1100	3000
У тому числі випалений	700	500	700
Азот загальний	60	50	90
Фосфор	8	7	16
Жири	До 100	До 100	До 100
Хлориди	150	150	200
$БПК_{повн}$, мг O_2/л	1400	1200	3000
ХПК, мг O_2/л	1200	1000	2400

Примітки: 1. Характеристика стічних вод маслозаводів і виробництва замінника незбираного молока подібна до характеристики стоків для заводів сухого і згущеного молока, а виробництва казеїну і сметано-творожних продуктів – для сироробних заводів.
2. Концентрація жирів у стічних водах цехів, що випускають високожирну продукцію (олія, вершки, сметана), складає 200 – 400 мг/л.

Національний університет водного господарства та природокористування

9.13.2. Схеми каналізації і методи очищення стічних вод

На підприємствах молочної промисловості, як правило, передбачають влаштування двох самостійних мереж каналізації: для виробничих забруднених і побутових стоків і для незабруднених і дощових стічних вод.

На підприємствах невеликої потужності, розташованих у сільській місцевості, допускається влаштовувати загальну каналізаційну мережу для всіх стоків.

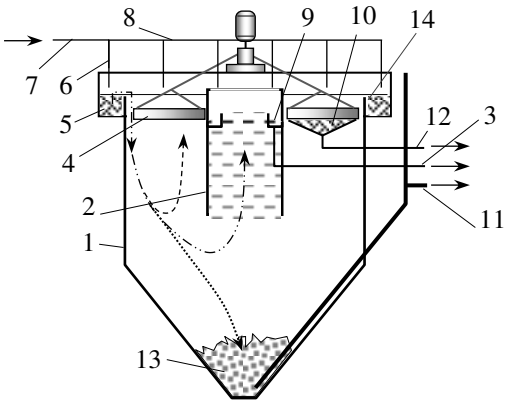
Забруднені стічні води піддають очищенню разом з побутовими стічними водами населених пунктів або промислових підприємств. Самостійне очищення проводиться тільки при відсутності технічної можливості або економічної доцільності подачі стоків на загальні очисні споруди.

На території підприємства перед скиданням стоків у каналізаційну мережу розташовують: усереднювачі витрати відпрацьованих мийних розчинів, які забезпечують прийом залпового скиду з наступним рівномірним його випуском. На підприємстві можуть бути розташовані споруди попередньої очищення стоків.

Для механічного очищення стічних вод підприємств молочної промисловості передбачають установку ґрат, пісковловлювачів, жироловок, прояснювачів із природною аерацією, прояснювачів-перегнивачів, вертикальних відстійників.

Пісковловлювачі влаштовують при витраті стічних вод >100 м^3/доб. Кількість затримуваного пісковловлювачем осаду складає 0,2 л на 1 м^3 стічних вод при вологості його 60% і зольності 40%.

Жироловки влаштовують, як правило, на випусках з цехів і заводів, що виготовляють високожирну продукцію (олія, вершки, сметану), при концентрації жирів у стічних водах більш 100 мг/л (рис. 9.23).



Застосування жироловок горизонтального типу для стічних вод молочних заводів малоефективне, тому що ступінь зниження ними концентрації жирів складає всього 30 – 35%. Існує жироловка з реактивним водорозподільником.

Рис. 9.23. Схема жироловки з реактивним водорозподільником:
1 – корпус; 2 – центральна камера; 3 – відвід очищеної води; 4 – гребок для згрібання жиру; 5 – периферійний лоток; 6 – патрубки; 7 – трубопровід подачі стічних вод; 8 – обертовий реактивний водорозподільник; 9 – збірний лоток очищеної води; 10 – лоток жиромаси; 11 – мулова труба; 12 – труба видалення жиромаси; 13 – осадова частина; 14 – кільцевий водозлив

У цій споруді завдяки рівномірному розподілу стічних вод на вході, природній аерації рідини, що відбувається при падінні потоку із сопел

Національний університет водного господарства та природокористування

реактивного розподільника, а також спадному рухові рідини у відстійній зоні, ефективність очищення при однаковому часі відстоювання на 20 – 25% вище, ніж у горизонтальних жироловках, і складає 50 – 70%. Крім того, у жироловці такої конструкції здійснюється безперервний збір і видалення жиромаси. Такі жироловки можуть застосовуватися на станції біологічного очищення замість первинних відстійників.

Надлишковий активний мул і біологічну плівку можна подавати в лоток перед прояснювачами, при цьому вологість осаду складає 97,5%.

Досвід застосування флотаційних способів очищення стоків підприємств молочної промисловості показав, що флотація без добавки коагулянтів малоефективна, тому що дозволяє знизити концентрацію жирів тільки на 50 – 60%, а завислих речовин на 50% [14]. При застосуванні коагулянтів (сірчанокислого алюмінію або хлорного заліза) дозою до 100 мг/л (за безводною сіллю) на 1000 мг/л забруднень за *ХПК* при *pH* = 6,7 ефект очищення за завислими речовинами складає 75 – 80%, жиром 80 – 90%, $БПК_{повн}$ 60 – 70%. Орієнтовні значення C_o/C_c для жирових домішок можна визначити за виразом:

$$C_o / C_c = \exp[-0{,}0029 \cdot T \cdot t^{0.63}] \ ^{*}, \qquad (9.5)$$

де T – тривалість відстоювання, хв; C_o, C_c – концентрація жирів відповідно в очищеній і стічній рідині; t – температура води, С°.

Для очищення зазначених стічних вод можна застосовувати електрофізичні методи [3,6]. Після електрокоагуляційної обробки стічні води подають на відстоювання або електрофлотацію (табл.. 9.27).

Таблиця 9.27

Ефект очищення стічних вод із застосуванням електрохімічних методів очищення

Показники	Зменшення концентрації забруднень, % за застосування схеми очищення:	
	Електрокоагуляція-відстоювання	Електрокоагуляція-електрофлотація
Жири	94 – 96	96 – 97
Завислі речовини	89 – 90	90 – 92
$БПК_{повн}$	70 – 73	70 – 75

Розрахункові параметри електрокоагуляторів

Матеріал електродів	алюміній або залізо
Розташування електродів	вертикальне
Відстань між електродами, мм	20
Напруга постійного струму на електродах, В	6
Щільність струму, А/м^2, при електродах:	

* *Розрахунки автора*

Національний університет водного господарства та природокористування

алюмінієвих	30
залізних	40
Тривалість перебування стічних вод в електрокоагуляторах, хв, при електродах:	
алюмінієвих	3
залізних	5
Витрата, мг/л:	
алюмінію	7
заліза	15
Глибина проточної частини, м	0,8 – 1

Для відстоювання стічних вод, що пройшли електрокоагуляційну обробку, застосовують вертикальні відстійники. Тривалість відстоювання при застосуванні в електрокоагуляторах алюмінієвих електродів 30 хв, залізних – 60 хв.

Кількість піни, що утворюється в електрокоагуляторах і електрофлотаторах, складає 25% витрати стічних вод, кількість пінного продукту – 1,4%. Гасіння піни проходить механічним способом впродовж 5 – 10 хв. Обробка пінного продукту в суспензійних сепараторах впродовж 5 хв дозволяє одержати осад вологістю 90 – 92%.

Застосування електрокоагуляції рекомендується для локального очищення стоків підприємств молочної промисловості при необхідності зниження концентрації жирів до 25 мг/л, завислих речовин – до 50 мг/л, $БПК_{повн}$ – до 500 – 1000 мг/л (рис. 9.24).

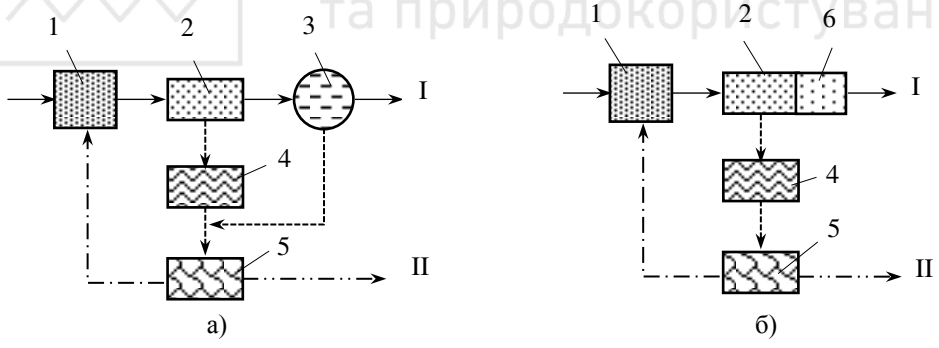


Рис.9.24. Схеми станцій локального очищення стічних вод підприємств молочної промисловості електрокоагулюванням з наступним відстоюванням (а) і електрокоагулюванням з наступною електрофлотацією (б):
1 – насосна станція; 2 – електрокоагулятор; 3 – відстійник; 4 – піногасник; 5 – сепаратор; 6 – електрофлотатор; I – скидання стічних вод у каналізацію; II – жиромаса

На практиці застосовують споруди біологічного очищення в природних умовах (поля фільтрації, біологічні ставки). Навантаження приймаються як для побутових стоків з коефіцієнтом 0,2 для молочних заводів і 0,1 для сироробних заводів.

Для штучного біологічного очищення застосовують аеротенки,

Національний університет водного господарства та природокористування

високонавантажувальні біофільтри, циркуляційні окисні канали (ЦОК).

Тип аеротенка приймають у залежності від витрати стічних вод з урахуванням місцевих умов і техніко-економічних показників (табл. 9.28):

Витрата, м³/доб	Тип аеротенка
до 400	продовженої аерація; одноступінчатий; аеротенк-відстійник; біотенк
400 – 1000	продовженої аерації, одноступінчатий; двоступінчастий; аеротенк-відстійник
більше 1000	одноступінчатий; двоступінчастий

Через відсутність досвіду роботи двоступінчастих аеротенків швидкість окислювання ρ для їх I ступеня допускається приймати як для одноступінчатих аеротенків при неповному очищенні, для II ступеня – як для одноступінчатих аеротенків при продовженій аерації або при повному очищенні. Аеротенки влаштовують із пневматичною або механічною аерацією.

Таблиця 9.28

Середня швидкість окислювання забруднень по $БПК_{повн}$

$БПК_{повн}$ стічних вод, які поступають в аеротенк, мг O_2/л	Середня швидкість окислення ρ, мг $БПК_{повн}$ на 1 г беззольної речовини мулу на 1 год, при $БПК_{повн}$ очищених стічних вод, мг O_2/л			
	15	20	25	50 і більше при неповному очищенні
	при повному очищенні			
1200	12	15	28	22
2400	18,5	23,1	27,7	34
При подовженій аерації				
1200	4,15	5,5	6,92	–
2400	6,2	8,25	10,3	–

Примітка. Дані таблиці відносяться до температури стічних вод T = 15°C. При іншій середньорічній температурі стічних вод значення середньої швидкості окислювання збільшується на співвідношення T/15.

Пневматичні аератори виготовляють із щілинних або дірчастих труб (середньо-пухирчаста аерація) із шириною щілин або діаметром отворів 5 мм, відстанню між ними 20 – 40 см. Швидкість виходу з них повітря 7 – 10 м/с.

Коефіцієнт, що враховує відношення швидкості переносу кисню в муловій суміші до швидкості переносу його в чистій воді, для стічних вод підприємств молочної промисловості приймається рівним 0,82.

При проектуванні аеротенків враховують необхідність підтримки температури мулової суміші не нижче 15°C. Для цього в необхідних випадках, ґрунтуючись на теплотехнічних розрахунках, передбачають перекриття аеротенків на зимовий період теплоізоляційними матеріалами, обладнання аеротенків системою підігріву мулової суміші. Для заводів невеликої продуктивності (до 1000 м³/доб) потужність системи підігріву повинна враховувати 2 – 4-добові перерви в надходженні стічних вод.

Національний університет водного господарства та природокористування

В якості вторинних відстійників рекомендуються вертикальні відстійники або відстійники з низхідно-висхідним потоком рідини. Тривалість відстоювання у вторинних відстійниках приймається рівною 1,5 – 2 год після аеротенків на неповне і повне очищення; 2 – 2,5 год – після аеротенків продовженої аерації. Проміжні відстійники двоступінчастих аеротенків розраховують на тривалість відстоювання 0,5 год. Для повного і неповного очищення стічних вод підприємств молочної промисловості застосовують високонавантажувані біофільтри. Не допускається застосування краплинних і баштових біофільтрів через швидке замулювання їхнього фільтрувального шару [4,7].

Високонавантажувані біофільтри можуть влаштовуватися одноступінчастими, двоступінчастими і двоступінчастими з перемежованою фільтрацією [7]. На рис. 9.25 показана схема роботи двоступінчастих біофільтрів з перемежованою фільтрацією.

При проектуванні високонавантажених біофільтрів варто приймати їхню робочу висоту H в межах 2 – 4 м; гідравлічне навантаження q від 20 до 40 м^3/(м^2×доб).

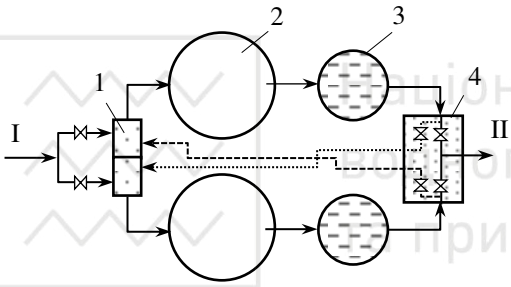


Рис. 9.25. Схема роботи двоступінчастих біофільтрів з перемежованою фільтрацією: 1 – камера подачі стічних вод на біофільтри; *2* – біофільтри; *3* – вторинні відстійники; *4* – камера переключення; I – вихідні стічні води; II – очищена вода

Значення параметра L_a/L_t для умов роботи високонавантажуваних біофільтрів для умов (20≤ q, м^3/(м^2×добу) ≤40; 10≤t,^{o}C ≤22; 2,0≤H, м≤4,0) можна обчислити за виразом:

$$L_a / L_t = s \cdot t^{-1,08} \cdot q^{0,012t} \cdot H^m \ ^*, \tag{9.6}$$

$$m = n + 1,14 \cdot t^{0,68} \cdot q^{-0,42} \ ^*, \tag{9.7}$$

де: s, n – емпіричні коефіцієнти. Для I ступеня двоступінчастих біофільтрів s=5,85, n=0; для II ступеня s=4, n=1; q – гідравлічне навантаження, м^3/(м^2·доб); T – середньозимова температура стічної води, ^{o}C; H – товщина фільтрувального шару біофільтра, м; m – показник ступеню, що має вигляд

При роботі біофільтрів з рециркуляцією очищеної рідини $БПК_{повн}$ суміші вихідних і очищених стічних вод приймається не більше 200 мг/л; двоступінчастих біофільтрів з перемежованою фільтрацією – не більш 400 мг/л. Період між зміною ступенів біофільтра 3 доби. Кількість надлишкової біологічної плівки складає 8 – 10% кількості знятої $БПК_{повн}$.

Вологість осаду вторинних відстійників 97%.

---

* *Розрахунки автора для умов* 10≤t,^{o}C ≤22; 2,0≤H, м≤4,0

Національний університет водного господарства та природокористування

Питома витрата повітря – 12 м^3 на 1 м^3 стічних вод з врахуванням рециркуляційних витрат.

Циркуляційні окисні канали (ЦОК) можуть застосовуватися для очищення стічних вод підприємств молочної промисловості тільки при роботі в контактному (періодичному) режимі, що включає наступні послідовні операції: наповнення каналу стічними водами з одночасною їхньою аерацією, аерація, відстоювання мулової суміші з виключеними аераторами, випуск очищеної рідини й осаду з каналу. Аерацію варто здійснювати механічними аераторами.

Розрахункові параметри циркуляційних окисних каналів

Доза мулу, г/л	4
Зольність	0,25
Навантаження за $БПК_{повн}$, г/доб на 1м^3 об'єму споруд	180
Тривалість випуску очищеної рідини, год.	1 – 2
Глибина занурення лопат аераторів,см	20 – 25
Мінімальна горизонтальна швидкість потоку мулової суміші в каналі, м/с	0,3
Тривалість періоду відстоювання очищеної води в каналі, год	1 – 2

9.14. Джерела утворення і методи очищення стічних вод спиртових, лікеро-горілчаних, дріжджових і крохмально-паточних заводів

Спиртові заводи в залежності від виду сировини, що переробляється, поділяються на дві групи:

- переробні сировини, яка містить крохмаль, (картопля і зернові культури);
- переробні меляси (відхід цукробурякового виробництва).

На спиртових заводах, що переробляють крохмалевмісну сировину, виробляють дріжджі, харчову рідку вуглекислоту.

На спиртових заводах першої групи стічні води утворюються при промиванні і замочувані зерна на солод, при гідротранспортуванні зеленого солоду, при мийці технологічного обладнання, посуду, при промиванні фільтрів установок хімічного водоочищення, при охолодженні тощо.

Стічні води, що утворюються у виробничих процесах, відводять по двох мережах каналізації: відпрацьованих і виробничих забруднених стічних вод.

Воду, використану для охолодження виробничих середовищ в умовах нормальної експлуатації, відводять у мережу відпрацьованих вод і використовують повторно в системі оборотного водопостачання після охолодження і профілактичної дезінфекції.

На заводах, що переробляють картоплю, додатково влаштовують каналізаційну мережу транспортерно-мийних вод, куди направляють стічні води від гідравлічного транспортера і від мийки бульб картоплі. Основними видами забруднень цих вод є завислі речовини (земля, пісок і т.д.), розчинні складові ґрунту і поверхневі органічні речовини бульб, кількість яких різко зростає при транспортуванні і мийці ушкоджених або підморожених бульб

Національний університет водного господарства та природокористування

картоплі.

Кількість виробничих забруднених вод окремих підприємств приведені в табл. 9.29.

Таблиця 9.29

Кількість стічних вод на спиртових заводах, що переробляють крохмалевмісну сировину

Вид виробництва	Кількість стічних вод, м^3 на 1000 дал спирту**			Витрата свіжої води
	всього	виробничих забруднених	побутових	
	При прямоточній системі водопостачання			
Виробництво спирту з картоплі	2157	214	3	2180
Виробництво спирту з зерна	1317	161	3	1488
	При оборотній системі водопостачання			
Виробництво спирту з картоплі*	1390	147	3	465
Виробництво спирту з зерна	1408	139	3	465

* Продувна витрата з транспортерно-мийної системи в кількості 70 м^3 на 1000 дал спирту включено у виробничі забруднені стічні води.

** Кількість стічних вод дано з розрахунку на середньорічну температуру. При розрахунку водоспоживання необхідно користуватись коефіцієнтами: $K_{літн}$ =1,39; $K_{зимн}$=0,77.

Для очищення стічних вод від біологічних домішок застосовують аеротенки (рис. 9.26.). Необхідна окисна потужність аеротенків B, кг/доб, визначається за формулою:

$$B = \frac{n(L_a - L_t)Q}{Zd \cdot 1000}, \qquad (9.8)$$

де n – коефіцієнт, що враховує ступінь очищення, рівний 0,9 для I ступеня і біоочищувача, 1,3 для II ступеня; L_a – $БПК_{повн}$ стічних вод, що надходять в аеротенки, мг O_2/л; L_t – $БПК_{повн}$ очищеної стічної води, мг O_2/л; Q – витрата стічних вод, м^3/доб; Z – коефіцієнт, що враховує якість очищеної стічної води, приймається рівним 0,7 – 0,8; d – дефіцит кисню, рівний на I ступені аерації 0,7 – 0,8, на II ступені 0,7.

Підбір аератора відбувається за кількістю кисню, що він може подати в зону аерації. Діаметр і число аераторів приймають у залежності від окисної потужності споруди I і II ступеня [7].

Відношення діаметра аератора до ширини або діаметра аеротенка приймають рівним 1:5. У залежності від габаритних розмірів аеротенка в ньому допускається установка від одного до п'яти аераторів. Відстань між осями аераторів варто приймати рівного п'ятьом діаметрам аератора.

Глибину аеротенків приймають у межах 3 – 4,5 м. Трубу мулопроводу, через яку циркулює активний мул, розраховують на пропуск максимальної витрати, рівної 100 – 120% витрати стічної води, що надходить в аеротенк, при

Національний університет водного господарства та природокористування

цьому діаметр труби повинен бути не менше 150 мм.

Технологічна схема двоступінчастого біологічного очищення стічних вод з попереднім анаеробним зброджуванням після спиртової барди мелясно-спиртових заводів представлена на рис. 9.26. Зазначеною схемою забезпечується наступний ефект очищення: зниження концентрації завислих речовин на 97 – 98,9%; зниження $БПК_{повн}$ на 98 – 98,9%.

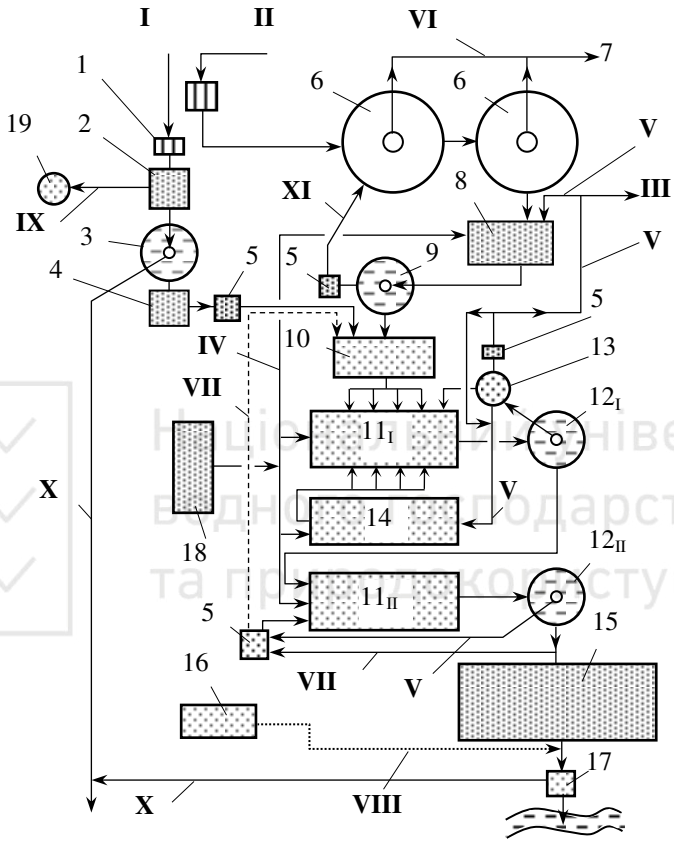


Рис. 9.26. Двоступінчаста схема очищення стоків (з бардою) мелясно-спиртового заводу:
1 – ґрати; 2 – пісковловлювач; 3 – первинний відстійник; 4 – усереднювач; 5 – колодязь з насосами; 6 – метантенк; 7 – газова свіча; 8 – преаератор; 9 – відстійник; 10 – змішувач; 11_I і 11_{II} – аеротенки I і II ступені; 12_I і 12_{II} – вторинні відстійники I і II ступені; 13 – віддільник мулу; 14 – регенератор; 15 – каскад біологічних ставків; 16 – хлораторна; 17 – контактний резервуар; 18 – повітродувна станція; 19 – бункер для піску; I – стічні води; II – після-дріжджова барда; III – осади на мулові майданчики; IV – повітря на аерацію; V – активний мул; VI – гази метанового бродіння; VII – очищена вода на рециркуляцію; VIII – хлорреагент; IX – пісок; X – осад; XI – суміш осаду й активного мулу

Процес аеробної стабілізації осадів може здійснюватися за кількома технологічними схемами. Для очисних споруд без первинних відстійників можна застосовувати схему, відповідно до якої надлишковий активний мул,

Національний університет водного господарства та природокористування

що утворюється в результаті очищення невідстояної стічної води, надходить в стабілізатор або безпосередньо з вторинного відстійника, або після попереднього згущення в мулоущільнювачі. За іншою схемою очищення осад з первинних відстійників може подаватися в стабілізатор або зброджувати в метантенках. Варіант роздільної обробки осадів найбільш доцільний при розширенні очисних споруд. При цьому осад з первинних відстійників подається в існуючі метантенки, а надлишковий мул - в стабілізатори.

Для окислювання органічних речовин осадів у стабілізаторах-ущільнювачах необхідну кількість кисню *B,* кг, визначають за виразом:

$$B = \frac{n \cdot 0{,}3p}{dZ}, \qquad (9.9)$$

де n – кількість кисню, що витрачається на окислювання суміші активного мулу й осаду, кг/кг, рівна 2,3; 0,3 – частка окисленого осаду; p – кількість суміші осадів і мулу, кг; d – дефіцит кисню, рівний 0,8; Z – коефіцієнт, що враховує якість очищеної води, рівний 0,7.

Розрахункові параметри стабілізатора-ущільнювача

Вологість, %:,	
ущільненого мулу	98
осаду з первинного відстійника	95
Зольність, %:	
осадів і активного мулу	20 – 25
мінералізованої суміші	60 – 70
Періодичність надходження і вивантаження осадів і мулу в стабілізатор і із нього (вивантаження під гідростатичним напором)	3 рази на добу

Розрахункові параметри метантенка

Тривалість процесу метанового бродіння після-спиртової або після-дріжджової барди в двох рівних по обсягу метантенках, год	161 – 168
Температура бродіння при постійному перемішуванні циркуляційним насосом маси в першому метантенку, ^{o}C	53 – 55
Швидкість циркуляції	один об'єм метантенка на добу
Концентрація анаеробного мулу (за сухою масою), г/л	30 – 35
Кількість анаеробного мулу, що повертається	1/3 об'єму після дріжджової

9.15. Стічні води підприємств виноробної промисловості

До підприємств виноробної промисловості відносяться заводи виноградного соку, первинного виноробства, шампанських вин, коньячного спирту, а також винні заводи міського типу.

Стічні води на заводах виноградного соку утворюються в результаті наступних технологічних процесів: охолодження соку в охолоджувачі,

Національний університет водного господарства та природокористування

сепарування на сепараторах і холодильно-компресорних станціях, миття обладнання, трубопроводів, підлог, крім того, господарсько-побутові стоки. При переробці 1 т винограду утворюється близько 1,1м^3 стічних вод. З цієї кількості на частку виробничих вод припадає 0,28 м^3, господарсько-побутових – 0,02 і умовно чистих – 0,78 м^3. У період виноробства при виготовленні 1 дкл виноградного соку скидається 0,19 м^{3}стічних вод [10].

Заводи первинного виноробства виробляють вина з фруктової сировини. Стічні води формуються з промивних і змивних вод, які містять забруднюючі речовини у вигляді стебел, залишків листя, невеликих частинок пошкоджених фруктів.

Такі стічні води містять фруктову кислоту, луг тощо. Окрім того, в промивних водах є велика кількість виноградних вижимок (з пресів), а від промивання фільтрувальної тканини в воді залишається певний відсоток виноградного сусла (табл..9.30). При таніно-желатиновому поліпшенні сусла утворюються колоїди, що містять білок у вигляді мулу. Для видалення з виноградного сусла сполук металу (свинець) і стійкої білкової «каламуті» застосовують «червону кров'яну» сіль тощо. Промивні води центрифуг, приладів, апаратів в залежності від використовуваних фруктів можуть бути трохи кислими, мають ароматичний запах і завислі речовини, частину яких можна видалити шляхом відстоювання. У загальну масу стічних вод потрапляють і господарсько-побутові води підприємства.

Таблиця 9.30

Можливі концентрації забруднень стічних вод винного заводу

Найменування показників	Одиниці вимірювань	Межі значень	
		Мінімум	Максимум
Температура стічних вод	^oC	8,0	23,0
Запах	–	Без запаху	Гнилісний
Колір	–	Без кольору	Матовий
Прозорість	см	2,5	17,5
Активна реакція середовища *pH*		5,0	8,0
Завислі речовини	мг/л	52,0	600,0
Амонійний азот	мг/л	0,08	3,0
Нітрити	мг/л	0,05	1,0
Нітрати	мг/л	0,2	4,0
Окислюваність	мг/л	26,0	184,0
БПК$_5$	мг/л	30,0	196,0

Стічні води винних заводів міського типу і заводів первинного виноробства за кількістю і показниками забруднень між собою подібні. Скидання їх з урахуванням оборотної системи водопостачання становить 0,083 м^3 на 1 дкл вина, з них виробничих - 0,08 м^3 і господарсько-побутових - 0,003 м^3. Коефіцієнти нерівномірності припливу стічних вод влітку і взимку рівні одиниці [10].

При переробці винограду скид стічних вод з урахуванням оборотної системи водопостачання складає 1,14 м^3 на 1 т винограду, з них виробничих -

Національний університет водного господарства та природокористування

0,74 м^3, господарсько-побутових - 0,02 і умовно чистих - 0,38 м^3. У період виноробства при виготовленні 1 дкл вина утворюється стічних вод відповідно 0,05 м^3; 0,04-0,001 і 0,009 м^3.

Показники забруднень стічних вод заводів первинного виноробства приведені в таблиці 9.31.

Загальний об'єм стічних вод заводів шампанських вин з урахуванням оборотної системи водопостачання на 1 пляшку шампанського місткістю 0,8 л складає 0,04 м^3. З цієї кількості виробничих - 0,03 і господарсько-побутових - 0,01 м^3.

На заводах коньячного спирту при системі водопостачання з послідовним використанням вод скид складає близько 1,4 м^3 при виготовленні 1 дкл коньячного спирту, з них виробничих - 0,3 м^3, господарсько-побутових - 0,01 і умовно чистих - 1,17 м^3. Коефіцієнт нерівномірності припливу стічних вод на обох заводах влітку і взимку дорівнює одиниці [10].

Стічні води підприємств виноробної промисловості очищаються на комунальних очисних спорудах і на власних очисних спорудах (стоки підприємств, що знаходяться в селищах або сільській місцевості).

Таблиця 9.31

Показники забруднень стічних вод заводів первинного виноробства, мг/л

Найменування показників	Межі граничних значень	
	Мінімум	Максимум
Температура стічних вод, град С	8	32
Запах	Винний	Кисло-винний
Колір	Рожевий	Темно-сірий
Прозорість, см	0	17,5
Завислі речовини	52,0	2914,0
Щільний осад	120,0	3800,0
Активна реакція середовища *pH*	5,0	8,0
Амонійний азот	0,08	40,0
Нітрити	0,005	1,0
Нітрати	0,2	4,0
Окислюваність	28,0	2568,0
БПК$_5$	30,0	2729,0

Фізико-хімічні способи очищення стічних вод передбачають застосування коагулянтів у вигляді вапна в поєднанні з солями заліза або алюмінію. Використовуючи нейтралізацію і коагуляцію стоків, можна досягти ефективності зниження завислих часток на 70-90%.

Стічні води обробляються на пісковловлювачах і відстійниках. При повному біологічному очищенні в якості первинних відстійників служать вертикальні відстійники і при механічному очищенні –двоярусні [12].

Біологічне очищення стоків винних заводів може проводитися в природних умовах, на полях фільтрації, зрошення, в біологічних ставках, накопичувачах з наступним використанням стічних вод на зрошення, а в штучно створених умовах-на біофільтрах, аеротенках.

Національний університет водного господарства та природокористування

Високоефективними спорудами в системі очищення стічних вод заводів є біологічні ставки. При початковому значенні $БПК_5$ 91-186 мг/л впродовж 5 днів може бути його зниження до 12-21 мг/л, що відповідає 75,8-88,6%.

Біологічне очищення стічних вод заводів в штучних умовах можливе тільки спільно з очищенням господарсько-побутових стічних вод або за умови попередньої підготовки стоків (нейтралізація активної реакції середовища *pH* і збагачення стоків біогенними елементами у вигляді солей азоту, фосфору).

Для налагодження роботи біофільтрів в стічні води вводять нейтралізуючий розчин, найчастіше *Ca(OH)*, а додавання солей амонію і фосфору збагачує стоки біогенними елементами. Така підготовка стоків дозволяє отримати задовільні результати: $БПК_5$ на біофільтрі знижується на 75-70%, а на вторинному відстійнику-на 25-30%.

9.16. Стічні води підприємств пивоварної та безалкогольної промисловості

Стічні води пивоварних заводів утворюються від миття, замочування і пророщування сировини, від миття технологічного обладнання, котлів для варіння сусла, бродильних чанів, котлів, бочок, пляшок, підлог, стін, а також від інших технологічних процесів. Кількість стічних вод, концентрація їх забруднень залежать від прийнятої на даному підприємстві технології виробництва пива.

На пивоварних заводах з холодильною установкою (тих, які мають солодовні), на 1 $м^3$ готового пива кількість стічних вод складає 15 $м^3$ на заводах при продуктивності 0,3 млн. л і 12,8 $м^3$, продуктивністю 1 млн. л на рік.

Забруднення стічних вод пивоварних заводів складаються з різних залишків: пива, дріжджів, відпрацьованого зерна, паперових етикеток, корінців пророслого ячменю, хмелю тощо.

Білки і вуглеводи, що містяться в стічних водах, швидко загнивають, виділяючи органічні кислоти (молочну, масляну, оцтову). При загниванні активна реакція середовища робиться кислою ($pH \approx 4$). Стічні води підприємств пивоварної промисловості варто віднести до розряду концентрованих. Найбільш забрудненими є стоки, що утворюються при митті і замочуванні зерна, від відпрацьованого хмелю, від миття маси після фільтрування сусла і відмивання відпрацьованих дріжджів. Такі стічні води характеризуються високим вмістом забруднень за завислими речовинами – 10000 - 15000 мг/л, за $БПК_5$ - 5000-10000 мг/л. Ці води складають приблизно 27% від загальної кількості стоків. Решта стоків незначно забруднені завислими речовинам – 90-200 мг/л, $БПК_5$ 20-40 мг/л, за *pH* вони можуть бути віднесені до слабокислих. Пиво в стічні води потрапляють лише під час миття чанів або при аваріях. При отриманні пива із зерна, хмелю і дріжджів перманганатна окислюваність становить 66,5 мг/л, $БПК_5$ 77,5 мг/л. При отриманні пива з солоду цей показник збільшується і досягає 222 мг/л, а $БПК_5$ зменшується до 53,9 г/л.

У стічних водах спостерігається нестача поживних речовин, біогенних

Національний університет водного господарства та природокористування

стимуляторів, азоту, фосфору, необхідних для біологічного (біохімічного) очищення.

Стічні води дріжджових цехів пивоварних заводів забруднені в основному органічними речовинами (залишки масел, дріжджові клітини, білки, вуглеводи і тощо). Вони мають специфічний дріжджовий запах, низьку прозорість, жовтий або кавовий колір, *pH* складає 6-7,2, завислі речовини становлять 500-2000 мг/л, окислюваність – 650-1200 мг/л і $БПК_5$ – 1200-300 мг/л. У цих стічних водах міститься значна кількість фосфору і калію. Наприклад, азоту – 60-240 мг/л, фосфору – 100 мг/л, калію – 480 мг/л при $БПК_5$ 1500 мг/л і *pH* 4-7,2.

Серйозною екологічною проблемою для пивоварних підприємств, є очищення виробничих стічних вод. На сучасному пивоварному заводі утворюється від 4 до 7 л стічної води на кожен літр виробленого пива. Стічні води характеризуються високим рівнем забруднення по *ХПК* до 5 - 7 тис. мг/л, завислих речовинах до 2000 мг/л. Очисні споруди підприємств розраховують на обробку всього об'єму виробничих стічних вод. Технологічна схема включає в себе: барабанні решітки, змішувач-усереднювач, анаеробний реактор, аеробний реактор (аеротенк), вторинний відстійник, станцію дозування реагентів, зневоднення осаду на стрічковому фільтр-пресі, біофільтр для очищення відпрацьованих повітря. Продуктивність таких споруд сягає 300 $м^3$/год.

Ключовим етапом біологічного очищення є анаеробний реактор. Він забезпечує видалення 85 - 95% органічних речовин (*ХПК*, *БПК*). В результаті анаеробного очищення стічних вод органічні сполуки, розкладаються до метану і вуглекислого газу (біогаз). Утворення надлишкової біомаси при анаеробному очищенні стічних вод незначне, що вигідно відрізняє його від аеробних очисних споруд. Біогаз, що містить метан 75 - 80%, безпечно спалюється на факельній установці. Існує можливість використання біогазу для отримання пари, гарячої води чи електроенергії.

На невеликих пивоварних заводах де концентрація забруднень стічних вод за $БПК_5$, 200-2700 мг/л, окислюваністю 400 - 2700 мг/л та кількістю завислих часток 50-2500 мг/л, доцільно застосовувати хімічне очищення.

В результаті коагуляції дрібнодисперсних домішок відбувається видалення зі стічних вод солей фосфорної кислоти. Зниження забруднень за такої обробки за $БПК_5$ становить 90%, фосфором - 85% і азотом - 30% . Тривалість реакції, утворення пластівців і прояснення 15-20 хв. Після хімічної обробки рекомендується біохімічне очищення стічних вод.

Якщо пивоварні заводи розташовуються в межах міста або житлового селища, то стічні води скидаються в міську систему водовідведення з метою сумісного їх очищення з господарсько-побутовими стоками. При цьому їх кількість не повинна перевищувати 3-5% від об'єму загального стоку. У стані бродіння стічні води направляти в систему водовідведення забороняється, оскільки це сприяє вилуджуванню вапна з конструкцій споруд, зумовлює різку зміну *pH* і як результат призводить до порушення нормальної роботи очисних споруд. Тому навіть слабо закислі стічні води слід нейтралізувати.

Національний університет водного господарства та природокористування

Хлорування стічних вод пивоварних заводів застосовується в основному для боротьби зі смородом в системах водовідведення. При цьому дози хлору зазвичай складають 5-20 мг/л. Знезаражування виробничих стічних вод не застосовується, оскільки збудники захворювань в цих стоках практично відсутні.

9.17. Стічні води підприємств цукрової промисловості

До цукрової промисловості відносяться цукробурякові і рафінадні заводи. На цих заводах загальне споживання води для технологічних потреб, включаючи оборотну і повторно використовувану воду, у 22 – 24 рази перевищує масу буряка, що переробляється. Середня річна тривалість роботи цукробурякових заводів складає 110 діб.

На таких підприємствах буряк зі складів подають на завод гідравлічним способом по лотках і потім перекачують на мийку буряконасосами. Перед бурякомийкою відокремлюється основна кількість брудних транспортерно-мийних вод, після неї додаються води від мийки буряка. В процесі виготовлення цукру формуються технологічні стоки.

Побічними продуктами цукробурякових заводів є патока і жом, а відходами виробництва – транспортерно-мийний і фільтраційний осади. На заводах формуються також стічні води від промивки фільтрів ТЕЦ.

Стічні води на цукробурякових заводах поділяються на три категорії: малозабруднені виробничі стічні води, транспортерно-мийні води і забруднені виробничі стічні води.

Сучасні цукробурякові заводи мають складне водне господарство з різними за призначенням водооборотними системами. Витрата свіжої води на нових і комплексно-реконструйованих заводах складає до 85% за масою перероблюваного буряка (табл.. 9.32).

Кількість забруднених виробничих стічних вод при нормальному режимі роботи цукробурякових заводів приблизно дорівнює водоспоживанню. На рафінадних заводах витрата свіжої води для технологічних процесів дорівнює в середньому 20% маси рафінаду.

Малозабруднені виробничі стічні води утворюються при охолодженні насосів, апаратури і пристроїв, що не стикаються з продуктом, а також при конденсації пари, в кількості, що в 9…11 разів перевищує витрату свіжої води. Їхня температура сягає 43°С. Ці води в замкнутому оборотному циклі піддаються охолодженню та аерації.

Забруднені виробничі стічні води в кількості в середньому 200% маси рафінаду, що утворюються при промивці фільтрів, пропарюванні крупки, митті підлоги, апаратури, сильно забруднені розчиненими і нерозчиненими органічними і мінеральними речовинами. $БПК_{повн}$ цих вод сягає 3500 мг/л.

В якості охолоджувача застосовують, як правило, вентиляторну градирню, рідше ставок-охолоджувач із бризкальною установкою. Транспортерно-мийні води цукробурякових заводів після механічного очищення повертають у виробництво. В практиці застосовують як одноступінчасте так і

Національний університет водного господарства та природокористування

двоступінчасте механічне очищення.

Прояснені транспортерно-мийні води для поліпшення процесу осадження піддають вапнуванню, а для знезаражування і запобігання загнивання – хлорують. Дозу вапна і хлору приймають у залежності від забруднення води.

Таблиця 9.32

Кількість і характеристика забруднених виробничих стічних вод цукробурякових заводів

Джерело утворення забруднених стічних вод підприємства	Кількість стічних вод, % маси перероблюваного буряка	$БПК_{повн}$, мг O_2/л	Концентрація завислих речовин, мг/л
Зворотна система транспортно-мийних вод	45	2000	600*
Зворотна система лаверної води	0,5	2400	105000
Сировинна лабораторія	1	1700	2700
Мийка дифузійних ножів	1,2	540	480
Мийка фільтрувальної тканини	1	4500	3300
Мийка мішкотари	1	4500	3300
Осад від відстійника жомо-пресової води	2	3200	30000
Склад віджатого жому (жомосховище)	3	7200	1800
Хімічне водоочищення ТЕЦ	7	500	200
Миття підлоги і апаратури	2	600	700
Мазутне господарство	0,5	30	10
Склад меласи	0,2	30	10
Аміачна вода	3	200	125
Лабораторія заводу	1	510	155
Різні невраховані втрати	13	600	700
Всього	81,4	2000 – 4000	1500 – 3000

* Для двоступінчастого механічного очищення транспортерно-мийних вод. У таблиці не враховані води від продувки оборотних систем малозабруднених вод.

Транспортерно-мийний і фільтраційний осади перекачують у спеціальні відвали для механічного відстоювання. Відстояні води повертають у виробництво для повторного використання.

Лаверні води піддають механічному очищенню й охолодженню на вентиляторній градирні, після чого повертають для повторного використання. Очищення здійснюється у вертикальних відстійниках і на фільтрах-аераторах. Тривалість відстоювання не перевищує 45 хв. Всі інші забруднені виробничі стічні води, включаючи і продувні води оборотних систем, направляють на біологічне очищення.

З метою скорочення займаних площ і рівномірного розподілу стічних вод на весняно-літній і осінній періоди на полях фільтрації влаштовують ставки-нагромаджувачі об'ємом, розрахованим на сезонний приток води. Окисна здатність полів фільтрації, г O_2/м^2 на добу, для піщаних ґрунтів приймається в

Національний університет водного господарства та природокористування

межах 36 - 25; супіщаних – 25 - 19; піщано-суглинних – 19 - 8; пилувато-суглинних – 8 - 5; дрібно пилуватих – 5 - 1 [11,15].

Насичення пор ґрунтів фільтруючого шару розраховують на глибину до рівня ґрунтових вод, а при їхній відсутності – до водоупору. При цьому пористість пісків приймається рівною 46%, легких суглинків – 32%.

Відтік стічної води визначають на основі гідрогеологічних розрахунків у залежності від коефіцієнта фільтрації ґрунтів, гідравлічного ухилу поверхні ґрунтового потоку, площі його перетину та інших даних.

В даний час знаходить застосування штучне біологічне очищення на спорудах з аеротенками-змішувачами. Розрахунок споруд проводять як для висококонцентрованих стічних вод із двоступінчастою схемою аерації. Ступінь очищення за $БПК_{20}$ після I ступеня 300 мг/л, після II ступеня 15 - 20 мг/л. На спорудах зазвичай передбачають біогенне підживлення стічної води та аеробну стабілізацію осаду.

У необхідних випадках більш глибоке очищення проводиться на барабанних сітках і піщано-гравійних фільтрах, зернистих біореакторах або в біологічних ставках.

В залежності від місцевих умов біологічне очищення стічних вод підприємств цукрової промисловості проводиться разом з очищенням стічних вод міст і селищ. Можливе використання стічних вод на полях зрошення (ПЗ) після проведення спеціальних досліджень, що вирішується в кожному конкретному випадку.

9.18. Стічні води підприємств хлібопекарської, макаронної, кондитерської промисловості

До підприємств хлібопекарської промисловості відносяться хлібозаводи. Стічні води на хлібозаводах утворюються в результаті технологічних процесів (приготування тіста, випічка хліба) від миття обладнання, підлог і тощо. Середньорічна кількість стічних вод на одиницю продукції (1 т хліба) для хлібозаводів і пекарень продуктивністю до 20 т хліба на добу за прямоточної системи водопостачання становить 3,9 $м^3$, в тому числі виробничих - 3,3 і господарсько-побутових - 0,6 $м^3$, а для підприємств продуктивністю від 30 до 140 г хліба на добу - 2,3-1,5 $м^3$, в тому числі виробничих - 2,2-1,2 $м^3$ та господарсько-побутових – 0,6-0,3 $м^3$. Коефіцієнт нерівномірності надходження стоків влітку і взимку дорівнює одиниці [10].

За характером забруднень виробничі стоки хлібозаводів діляться на води, забруднені борошном і борошняними домішками, і води, отримані від охолодження теплообмінних апаратів, які мають специфічні забруднення, а також господарсько-побутові (табл..9.33).

Макаронні фабрики за технологією виробництва дещо подібні з хлібозаводами, тому і характеристика їх стічних вод подібна між собою. Середньорічна кількість стічних вод на 1 т макаронів за прямоточної системи водопостачання становить 1,4 $м^3$, з них виробничих - 0,9 і господарсько-побутових - 0,5 $м^3$. За характером забруднень стічні води можуть бути поділені

Національний університет водного господарства та природокористування

на забруднені і умовно чисті (в основному від охолодження пресів).

Кондитерські фабрики переробляють різну сировину: цукор, патоку, фруктове пюре, горіхи, сою, боби, какао, молоко, молочні продукти, тощо. Відповідно стоки на цих підприємствах мають специфічні забруднення.

Кількість стічних вод на 1 т готової продукції за оборотної системи водопостачання з повторним використанням води становить 6,5 м^3, в тому числі виробничих - 5,2 і господарсько-побутових – 1,3 м^3.

Таблиця 9.33

Середні показники якості стічних вод

Найменування показників	Значення показника
Активна реакція середовища *pH*	6,4–6,9
Окислюваність, мг/л	700–1000
БПК$_5$, мг/л	1600
ХПК, мг/л	1800–2300

Кисла реакція стоків вказує на присутність в них молочної і оцтової кислот, які утворюються під час миття ємностей з-під молока і фруктових заготовок.

Стічні води заводів пекарських дріжджів формуються в процесі основного виробництва і від господарсько-побутових потреб. Дріжджові заводи з системою повторного використання води продуктивністю до 500 т дріжджів на рік скидають стічні води в розмірі 171 м^3 на 1 т дріжджів, з них виробничих - 62,4, господарсько-побутових – 0,6 умовно чистих -108 м^3, а на заводах продуктивністю 2500-6000 т дріжджів на рік стічні води утворюються в кількості 123,1 -108,6 м^3, в тому числі виробничих – 55,9-49,4 м^3 і 0,5-0,5 м^3 господарсько-побутових [10].

Коефіцієнт годинної нерівномірності припливу стічних вод залежить від продуктивності заводу. Так, для заводів продуктивністю 500 т пекарських дріжджів на рік він становить 4,5. Великі значення коефіцієнту нерівномірності надходження стічних вод є наслідком періодичної схеми технологічного процесу вирощування дріжджів. Загальний стік заводів характеризується вмістом завислих речовин до 2000 мг/л, у тому числі летких до 100 мг/л.

В основному стоці дріжджового заводу (бражці) міститься органічних і мінеральних речовин до 10 г/л, які знаходяться в колоїдному і розчиненому стані і не випадають в осад в звичайних умовах. Кількість колоїдів становить 10% від загальної кількості розчинених речовин.

Загальний стік дріжджового заводу має коричнево-брудний колір, запах хлібного квасу, низьку прозорість – 0,5-2,1 см за Снелленом, кислу реакцію середовища *pH*-5,0; *БПК$_5$* до 2700 мг/л, завислих речовин до 17600 мг/л, сухого залишку до 3998 мг/л. В загальному стоці міститься в середньому: калію - 945, азоту - 224 і фосфатів - 61 мг/л. Загальна кількість забруднень у виробничих стічних водах становить 405 кг на 1 т продукції (табл..9.34).

Умови періодичного і постійного процесів очищення стічних вод кондитерського виробництва за допомогою активного мулу показали, що при навантаженні на активний мул *БПК* 0,5 г/г в добу досягається високий ступінь

Національний університет водного господарства та природокористування

очищення. Очищення стічні води безбарвні, прозорі, без запаху. Зниження *БПК* досягає 98, *ХПК* – 95, каламутності – 91%.

Таблиця 9.34

Характеристика стічних вод дріжджових заводів з розведенням меляси 1:17–1:22

Джерела формування стоків	*pH*	Окислюванність, мг/л	$БПК_5$, мг/л	Завислі речовини, мг/л	Фосфор, мг/л	Залізо, мг/л
Після першого сепарування	4,6	2998,6	4000–6200	135,6	19–92	45
Загальний стік після виділення дріжджів	5,1	520,6	1620	326,4	35,5-87,5	19,5

Транспортування стічних вод дріжджових заводів і цехів по водовідвідних мережах дещо ускладнене через надмірне утворення піни. Тому необхідно проектувати пропускну здатність каналізаційних мереж з розрахунковим наповненням їх не більше 0,4 від діаметру труби.

Наявність сульфатів в стічних водах виключає застосування бетонних трубопроводів. Тому трубопроводи мереж рекомендується укладати з керамічних труб із заповненням стиків асфальтом. Утилізацію стічних вод дріжджових заводів на полях фільтрації можна розглядати як метод їх знешкодження. Розміри полів фільтрації повинні складати від 1 до 8 га на 1 т дріжджів. Значний інтерес представляє агрокультурна утилізація забруднень через наявність у них значної кількості азоту (2-3%), фосфору (1,2-1,4%) і калію (8-10%).

Хлорування стічних вод дозами хлору до 100 мг/л підвищує їх стабільність до 30% і знижує $БПК_5$ до 50%, а тому воно доцільне тільки для тимчасового запобігання стічних вод від загнивання.

Зневоднення і короткочасне зберігання мулу проводиться на звичайних мулових майданчиках з річним напуском 2,5 - 5,0 $м^3/м^2$. Зменшення кількості осаду за рахунок зниження його вологості до 70% може бути досягнуто шляхом пресування мулу на звичайних фільтрпресах дріжджових підприємств. Біологічне очищення стічних вод можна здійснювати як в аеробних, так і в анаеробних умовах. Застосовувати біологічні фільтри в якості окислювачів не рекомендується. В якості споруд аеробного очищення можна рекомендувати аеротенки одноступінчасті і двоступінчасті, а для анаеробної - метантенки. Застосування тих чи інших споруд визначається в кожному окремому випадку техніко-економічним і санітарно-гігієнічним обґрунтуванням.

9.19. Стічні води підприємств масложирової промисловості

До підприємств масложирової промисловості відносяться маслоекстракційні, гідрогенізаційні і маргаринові заводи. На підприємствах масложирової промисловості стічні води утворюються внаслідок промивання сирих масел і жирів. При цьому виділяються кислі та лужні стічні води, а

Національний університет водного господарства та природокористування

також конденсаційні, що характеризуються неприємним запахом. У своєму складі останні містять жирну кислоту. Джерелами утворення стоків є і регенерація жирних кислот з відпрацьованих лугів і гідрогенізація жирів в процесі очищення водню тощо.

Середньорічна кількість стоків, що припадає на 1 т переробки насіння за зворотної і прямоточної системи водопостачання, складає 1,62 м^3, в тому числі виробничих – 0,47, господарсько-побутових - 0,03, умовно чистих – 1,12 м^3. Коефіцієнти нерівномірності припливу стічних вод влітку і взимку рівний одиниці [10].

В маслопресовому цеху стічні води утворюються від очищення на сепараторах пресового і екстракційного масла. Такі стоки називаються буферними водами. У каналізацію вони скидаються через цеховий вловлювач жиру. Стічні буферні води першої лінії очищення масла характеризуються вмістом жирових речовин ≈ 3000 мг/л, *ХПК* - ≈7000, *БПК$_5$* - ≈ 6800 мг/л.

Середньорічна кількість стічних вод гідрогенізаційних заводів на 1 т продукції (саломасса) за прямоточної системи водопостачання складає 16,05 м^3, в тому числі виробничих – 16,0, господарсько-побутових 0,05 м^3. Коефіцієнти нерівномірності надходження стічних вод влітку і взимку такі ж, як і на інших заводах [10].

Стоки гідрогенізаційних цехів мають температуру 40°С, містять вуглекислий газ, кисень в них відсутній. При контакті з кислими стічними водами стоки зумовлюють швидке руйнування бетону споруд водовідведення.

Маргаринові заводи входять до складу масложирових комбінатів. Стоки формуються в результаті роботи пароежекторних вакуум-насосів, барометричних конденсаторів, холодильних установок тощо. Середньорічна кількість стічних вод на 1 т виготовленого маргарину за зворотної і прямоточної системи водопостачання становить 20,18 м^3, з них виробничих - 20,13 і господарсько-побутових - 0,05 м^3. Коефіцієнт нерівномірності надходження стічних вод влітку - 1, взимку - 0,9 [10]. Стоки маргаринових цехів прозорі, з легким жовтуватим відтінком і сильним запахом. Концентрації основних забруднювачів, мг/л: *БПК$_5$* - 400-1600, жиру - 40-1286, сульфатів, близько 180, завислих речовин - 1415, хлоридів - 60, загального азоту - 1,61 мг/л.

Стічні води підприємств з рафінування рослинних і тваринних жирів для виробництва харчових масел і маргаринів і стічні води від гідрогенізації рослинних олій під час їх перетворення в маргарини однакові за складом. Забруднення їх складаються в основному з емульсій забруднених жирів, стабілізованого мила, отриманого з жирів і жирних кислот. Температура стоків 40°С, вони мутні, з гострим запахом згірклого жиру, мають жовто-молочний колір. *БПК$_5$* таких стоків сягає 200 - 2695 мг/л, сульфатів - 80 мг/л. Органічні і азотовмісні речовини в стоках легко загнивають.

Як правило, стічні води підприємств масложирової промисловості каламутні, сірого кольору з помітними завислими речовинами. Активна реакція середовища *pH* - 6,7, *БПК$_5$* – 334-520 мг/л, вміст жиру – 256-396 мг/л. Жир найчастіше присутній у вигляді рослинних олій, невеликі кількості яких

Національний університет водного господарства та природокористування

покривають дзеркало води, ускладнюючи реаерацію і розчинення кисню. Проходячи по мережах систем водовідведення, ці масла прилипають до стінок каналу, склеюють забруднення, від чого зменшується переріз вільного потоку. Крім цього, у стічних водах присутні органічні кислоти і азотовмісні речовини, які після нейтралізації загнивають, утворюючи з білків і відновлюваних сульфатів сірководень. Запах стічних вод неприємний, окислюваність невисока – 49-354 мг/л. Сухий залишок складає 44-5000 мг/л. Наявність в стоках великої кількості органічних сполук, які швидко розкладаються, викликає кислу реакцію ферменту, в результаті чого з'являється гниття.

Перед скиданням стічних вод у систему водовідведення необхідно передбачати попереднє очищення від жирових домішок. Склад забруднень стоків після уловлювачів жиру на підприємствах маргаринової промисловості за їх температури 30-35°С: *pH* – 7,1-7,8; завислі речовини – 260-790 мг/л; $БПК_5$ – 400-1600 мг/л. Стічні води перед відстоюванням коагулюють з наступним застосуванням жироловок з аераційними системами. Тривалість відстоювання 1,5-2 год. Найкращі результати досягаються при використанні коагулянтів: хлорного заліза ($FeCl_3$), сірчанокислого алюмінію $A1_2(SO_4)_3$. Застосування хлорного заліза в дозах 300 мг/л з наступним осадженням впродовж 30 хв дає прозору рідину. При змішуванні таких стічних вод з господарсько-побутовими стоками відбувається виділення сірководню.

Очищення стічних вод у біологічних ставках дає позитивний результати. Наприклад, якщо стічні води знаходяться в біологічних ставках впродовж двох місяців, це знижує забруднення за $БПК_5$ від 8000 до 300 мг/л, за *pH* – від 11 до 7,8. За сумісного очищення виробничих і господарсько-побутових стічних вод на спорудах біологічного очищення можна отримати добрі результати. Експлуатація біофільтрів найбільш ефективна при невеликому навантаженні (2:1) та застосуванні двоступеневого очищення зі змінним циклом.

9.20. Стічні води підприємства плодоовочевої консервної промисловості

В процесі виготовлення продукції сільського господарства витрачаються значні об’єми води, частина якої в вигляді стоків підлягає очищенню. Основними підприємствами, що набули найбільшого поширення на селі є ферми, підприємства з окремих етапів переробки плодоовочевої, виноробної, спиртової, цукрової, молочної та інших видів промисловості.

Кількість, склад і концентрація забруднень стічних вод підприємств плодоовочевої консервної промисловості залежать від багатьох чинників: виду продукції, повторного використання відпрацьованих вод, особливостей технологічного устаткування та ін.

Стічні води утворюються в результаті окремих технологічних процесів: сортування сировини, миття сировини і напівфабрикатів, оброблення напівфабрикатів та їх порціювання, термічна обробка, розфасовка напівфабрикатів, заливка, стерилізація і автоклавування (табл. 9.35).

Національний університет водного господарства та природокористування

Таблиця 9.35

Склад забруднень стічних вод в залежності від сировини

Сировина	Завислі речовини, мг/л	Розчинені речовини, мг/л	Залишок при прожарюванні, мг/л	*pH*	Витрати $KMnO_4$, мг/л	$БПК_5$, мг/л
Томати	450	2500	580	4,9	1100	1150
Горошок	300	6000	3360	4,7	2150	2710
Боби	60	1670	970	7,6	–	240
Шпинат	580	1700	950	7,0	40	280
Морква	1830	5800	1900	7,1	–	1110
капуста	1600	5000	800	6,0	2700	1050
Кисла капуста	60	3300	1600	5,6	800	1400
Вишні	20	4100	1700	6,2	–	750

Середньорічна кількість стічних вод плодоовочевих консервних заводів зі зворотною системою водопостачання та повторним використанням води [10] на 1000 облікових банок консервів становить близько 3 м^3, з них виробничих - 2,9 м^3 та господарсько-побутових - 0,1 м^3. Коефіцієнти нерівномірності надходження стоків влітку і восени складає 2, взимку - 0,6.

Стічні води, багаті органічними речовинами, які легко розкладаються, без доступу повітря швидко загнивають. Температура стічних вод становить 18-20 °С.

Наявність великої кількості завислих речовин в стічних водах плодоовочевих консервних заводів, а також високі *БПК* і бактеріальні забруднення свідчать про можливість їх біохімічного очищення.

При виробництві певної продукції кількість стічних вод може бути невелика, а концентрація забруднення їх значна. Наприклад, бланшувальні води від переробки зеленого горошку складають всього 7% від загальної кількості стічних вод, але на них припадає майже 68,6% усіх забруднень стічних вод консервного заводу (табл. 9.36).

Для всіх стічних вод плодоовочевої консервної промисловості характерна яскраво виражена тенденція до загнивання, закисання, викликаного присутністю вуглеводів, особливо цукру, що ускладнює їх очищення. Кількість стічних вод, що утворюються при виготовленні 100 кг плодоовочевих консервів, за забрудненістю еквівалентне кількості господарсько-побутових стічних вод населеного пункту з чисельністю 30 жителів.

Таблиця 9.36

Показники бланшувальних і інших стічних вод

Найменування показників	Кількість стічних вод, м^3/хв	$БПК_5$, мг/л
Загальна кількість стічних вод	3,100	1900
Бланшувальні води	0,068	35000
Промивні води при бланшуванні	0,146	11150
Інші стічні води	2,888	640

Національний університет водного господарства та природокористування

Стічні води консервних заводів попередньо очищаються на гратах, жироловках, пісковловлювачах, грязевідстійниках. В залежності від концентрації забруднень і складу стічних вод застосовуються окремі споруди або їх комплекс (рис.9.27).

Стічні води підприємств, що знаходяться в межах міста, очищаються разом з побутовими стічними водами на міських очисних спорудах. Із загальної характеристики стічних вод плодоовочевих консервних заводів видно, що вони можуть очищатися на спорудах механічного, фізико-хімічного та біологічного очищення (табл..9.37).

Таблиця 9.37

Зниження БПК стічних вод, що пройшли очищення в біологічних ставках

БПК стічної води, мг/л	*БПК* очищеної води, мг/л	Зниження *БПК* в результаті очищення, проц.
580	168	71
550	194	65
890	355	60
840	345	59

Важливою обставиною в очищенні стічних вод є своєчасне направлення на очисні споруди. При надходженні їх у «свіжому» стані легко отримати осад. Тверді овочеві відходи в такому стані можуть бути використанні як харчова добавка для тварин.

В разі використання на м'ясоконсервних заводах жироловок, з метою інтенсифікації процесу виділення жиру при відстоюванні стоків перед аерацією добавляють активний хлор. В цьому випадку ефект очищення досить високий і становить 75 - 100% (в середньому 90%). Добавка хлору поряд зі значним збільшенням виділення жиру в осад сприяє проясненню стічних вод. Хлорування підвищує стійкість затриманих жирових відходів,проте вводити в стічні води надлишкову кількість хлору не варто, не слід також хлорувати воду до повного її насичення хлором, оскільки контакт хлору з білком утворює хлорпротеїни і хлораміни, які, на відміну від нехлорованого білку, дуже важко піддаються руйнуванню.

В якості локальних очисних споруд застосовуються як горизонтальні, так і вертикальні пісковловлювачі. Двоярусні відстійники використовуються не тільки для відстоювання стічних вод, а й для зброджування осаду [7].

В результаті обробки стічних вод хімічними речовинами з наступним механічним очищенням $БПК_5$ стічних вод знижується на 40-50%. Крім того, хімічні речовини знебарвлюють стічні води, а неприємний запах їх усувається нейтралізацією. Норма вапна при цьому становить 6 кг на 1 $м^3$ стічних вод.

При наявності поблизу плодоовочевих консервних заводів земельних сільськогосподарських угідь стічні води доцільно використовувати для зрошення. В цьому випадку можливе спільне очищення виробничих стічних вод з господарсько-побутовими.

До подачі на поля зрошення стічні води повинні підлягати механічній

обробці, оскільки органічні речовини, що містяться в них, здатні до відносно швидкої мінералізації. На спорудах механічного очищення затримується до 70% всіх механічних домішок стічних вод. Тривалість відстоювання сягає 0,5…1 год.

Середнє добове навантаження стічних вод на поля зрошення приймають 10-20 м^3/га. Ефективність очищення стоків становить: за завислими речовинами - 85-90%, за *БПК* - 95-98%, за бактеріальними забрудненнями 99%.

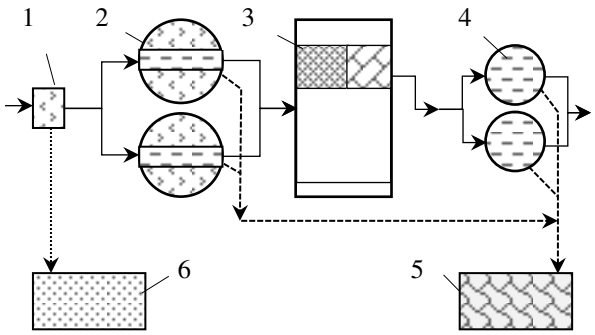


Рис 9.27. Схема споруд очищення стічних вод консервного заводу:
1 – пісковловлювач; 2 – двоярусний відстійник; 3 – біофільтр з хлоратором змішувачем; 4 – вторинний відстійник; 5 – мулові майданчики; 6 – піскові майданчики

Такі стічні води можна очищати в біологічних ставках, біологічних фільтрах і аеротенках.

В разі використання для очищення стічних вод біоставків присутній при цьому неприємний запах може усуватися шляхом застосування нітрату натрію. Дози його складають 0,5-0,6 кг/м^3. В цьому випадку кисень нітрату натрію окислює 20% *БПК* стічних вод. Стічні води у ставках повинні знаходитися не менше 5-6 місяців. За добового забезпечення 800-2400 г кисню на 1 м^3 об'єму біологічного фільтра з пластмасовим заповнювачем ефективність очищення стічних вод за $БПК_5$ досягає 80,2%.

Аеротенки для очищення стічних вод застосовуються дещо рідше.

Заключним етапом у процесі очищення стічних вод є знезаражування шляхом їх хлорування.

Після очищення стічних вод на очисних спорудах залишається велика кількість осаду, який проходить відповідну обробку в септичних камерах двоярусних відстійників або в метантенках, чи на мулових майданчиках.

Контрольні питання

1. Характеристика стічних вод підприємств виготовлення штучних волокон.
2. Загальні підходи до розробки комплексної схеми очищення стічних вод виробництва штучних волокон.
3. Характеристика стічних вод підприємств синтетичного каучуку і суміжних нафтохімічних виробництв.
4. Особливості систем водовідведення підприємств синтетичного каучуку і суміжних нафтохімічних виробництв.

Національний університет водного господарства та природокористування

5. Характеристика стічних вод коксохімічних заводів і заводів термічної переробки твердого палива.
6. Схема очищення фенольних стічних вод коксохімічного заводу.
7. Характеристика стічних вод нафтопереробних заводів, нафтопромислів і нафтобаз.
8. Особливості систем водовідведення нафтопереробних заводів, нафтопромислів і нафтобаз.
9. Локальне очищення стічних вод нафтопереробних заводів, нафтопромислів і нафтобаз.
10. Принципова схема очисних споруд для стічних вод нафтопереробного заводу.
11. Споруди механічного очищення стічних вод нафтопереробного заводу.
12. Біологічне очищення стічних вод нафтопереробного заводу.
13. Особливості очищення стічних вод підприємств лакофарбової промисловості.
14. Характеристика стічних вод підприємств металургійної та машинобудівної промисловості.
15. Схема очищення стічних вод підприємств металургійної та машинобудівної промисловості, забруднених механічними домішками і мастилами.
16. Схема біохімічного очищення стічних вод від сполук хрому.
17. Очищення стічних вод автотранспортних підприємств.
18. Характеристика стічних вод фабрики первинної обробки вовни.
19. Схема очищення вовномийних стічних вод у метантенках.
20. Технологічна схема реагентно-флотаційного очищення стічних вод фабрик первинної обробки вовни.
21. Характеристика стічних вод заводів первинної обробки льону.
22. Характеристика стічних вод шкіряних заводів.
23. Суть технологічної схеми локального очищення стічних вод шкіряних заводів.
24. Суть технологічної схеми попереднього і біологічного очищення стічних вод шкіряного заводу.
25. Очищення стічних вод шкіряних заводів від танідів.
26. Характеристика стічних вод заводів первинної обробки льону.
27. Методи очищення стічних вод заводів первинної обробки льону.
28. Характеристика стічних вод фабрики технічних шкір.
29. Прийоми очищення стічних вод фабрик технічних шкір.
30. Характеристика стічних вод підприємств м'ясної промисловості.
31. Особливості систем водовідведення підприємств м'ясної промисловості.
32. Прийоми очищення стічних вод підприємств м'ясної промисловості.
33. Характеристика стічних вод підприємств молочної промисловості.
34. Прийоми очищення стічних вод підприємств молочної промисловості.
35. Характеристика стічних вод спиртових, лікеро-горілчаних, дріжджових і крохмально-паточних заводів.
36. Прийоми очищення стічних вод спиртових, лікеро-горілчаних, дріжджових і крохмально-паточних заводів.
37. Характеристика стічних вод підприємств виноробної промисловості.
38. Прийоми очищення стічних вод підприємств виноробної промисловості.
39. Характеристика і прийоми очищення стічних вод підприємств пивоварної та безалкогольної промисловості.
40. Характеристика і прийоми очищення стічних вод підприємств цукрової промисловості.

Національний університет водного господарства та природокористування

41. Характеристика і прийоми очищення стічних вод підприємств хлібопекарської, макаронної, кондитерської промисловості.
42. Характеристика і прийоми очищення стічних вод підприємств масложирової промисловості.
43. Характеристика і прийоми очищення стічних вод підприємств плодоовочевої консервної промисловості.

Література

1. Алферова Л. А., Нечаев А. П. Замкнутые системы водного хозяйства промышленных предприятий, комплексов и районов. М.:Стройиздат, 1984. – 272 с.
2. Бородавченко И. И., Лозановская И. Н., Орлов Д. С. и др. Комплексное использование и охрана водных ресурсов. – М. : Колос 1983. – 175 с.
3. Водовідведення на промислових підприємствах. Навчальний посібник / А. І. Мацнєв, Л. А.Саблій. – Рівне : Українська державна академія водного господарства, 1998. – 219 с.
4. Воронов Ю. В., Саломеев В. П., Ивчатов А. Л. и др. Реконструкция и интенсификация работы канализационных очистных сооружений. Под ред. С.В.Яковлева. – М. : Стройиздат, 1990. – 224 с.
5. Гвоздев В. Д., Ксенофонтов Б. С. Очистка производственных сточных вод и утилизация осадков. – М. : Химия, 1988. – 112 с.
6. Гироль Н. Н., Журба М. Г., Семчук Г. М., Якимчук Б. Н. Доочистка сточных вод на зернистых фильтрах. Под общ.ред. Н.Н.Гироля. СП ООО «Типография» Левобережная». – Киев :1998. – 92 с.
7. Канализация населенных мест и промышленных предприятий. Справочник проектировщика./Н. И. Лихачев, И. И. Ларин, С. А. Хаскин и др.; Под ред. В. Н. Самохина. 2-е изд., перераб. И доп. – М. : Стройиздат, 1981. – 638 с.
8. Кафаров В. В. Принципы создания безотходных химических производств. – М. : Химия, 1982. – 288 с.
9. Кучеренко Д. И., Гладков В. А. Оборотное водоснабжение: (Системы водяного охлаждения). – М. : Стройиздат, 1980. – 168 с.
10. Лоренц В. И. Очистка сточных вод предприятий пищевой промышленности. – Киев : «Будівельник», 1972. – 188 с.
11. Сельскохозяйственное использование сточных вод: Справочник / Л.П.Овцов, В.В.Игнатова, Э.Е.Элик и др.; Сост. Э.Е.Элик. – М. : Росагропромиздат, 1989. – 223 с.
12. Синев О. П. Интенсификация биологической очистки сточных вод. – К. : Техніка, 1983. – 108 с.
13. Укрупненные нормы водопотребления и водоотведения для различных отраслей промышленности. /Совет Экон. Взаимопомощи ВНИИ ВОДГЕО- 2-е изд. перераб. – М. : Стройиздат, 1986. – 528 с.
14. Яковлев С. В., Карелин Я. А., Ласков Ю. М., Калицун В. И. Водоотведение и очистка сточных вод. – М. : Стройиздат, 1996. – 591 с.
15. Яцик А. В. Водогосподарська екологія. (4-ри томи в 7-ми книгах). – К.: Видавництво «Ґенеза», 2003. т.1. – 397 с., 2004 . т.2. – 383 с., т.3 – 494 с., т.4 – 677 с.
16. Bartkiewicz B. Umiejewska K. Oczyszczanie ścieków przemysłowych. Wydanie 2. Wydawnictwo PWN: 2010. – 310 st.
17. Rűffer H., Rosenwinkel K.-H. Oczyszczanie ścieków przemysłowych. Poradnik. Oficyna Wydawnicza Projprzem-EKO Bydgoszcz. 1998. – 560 st.

Національний університет водного господарства та природокористування

10. ТЕХНОЛОГІЧНІ СХЕМИ ПІДГОТОВКИ СТІЧНИХ ВОД ДЛЯ ПОВТОРНОГО ЇХ ВИКОРИСТАННЯ

10.1. Застосування оборотного водопостачання в промисловості

Система водопостачання промислових підприємств повинна бути, як правило, з оборотом води для всього підприємства або у вигляді замкнутих циклів для окремих цехів [1,27]. При цьому слід передбачити необхідне очищення використаної (стічної) води, охолодження оборотної води, обробку та повторне використання стічної води (без випуску у водойми) [3,17]. Послідовне або прямоточне використання води на виробничі потреби зі скиданням очищених стічних вод у водойму допускається тільки при неможливості або недоцільності застосування її в системі оборотного водопостачання і, як правило, без обробки хімічними реагентами [2].

Розрізняють такі системи виробничого водопостачання [10]:

a. з прямоточним використанням води (рис. 10.1);
b. з послідовним використанням води (рис. 10.2);
c. з оборотом води:
   - охолоджуюча система оборотного водопостачання (рис. 10.3а);
   - технологічна система оборотного водопостачання (рис. 10.3б);
   - змішана (охолоджуюча і технологічна) система оборотного водопостачання (рис. 10.3в).

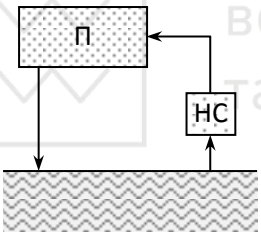


Рис. 10.1. Схема системи прямоточного використання води:
П – підприємство; НС – насосна станція

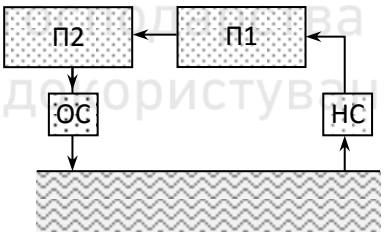


Рис. 10.2. Схема системи послідовного використання води:
П1, П2 – перше і друге підприємство; НС – насосна станція; ОС – очисні споруди

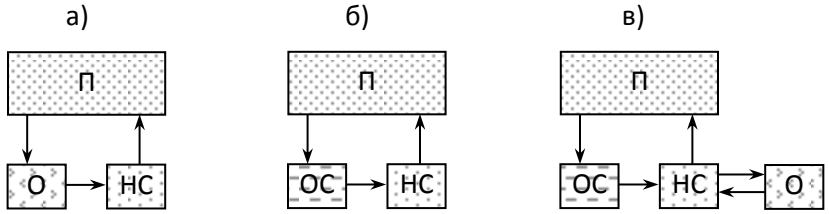


Рис. 10.3. Схема системи оборотного використання води:
П – підприємство; НС – насосна станція; ОС – очисні споруди; О – охолоджувач

Вище згадані основні схеми оборотного водопостачання застосовуються відповідно до призначення води у виробництві [15]. Якщо вода є теплоносієм і

Національний університет водного господарства та природокористування

в процесі використання лише нагрівається і не забруднюється, то застосовують схему ***а***. Якщо вода служить середовищем транспортування, поглинання або екстрагування механічних і розчинених домішок і в процесі використання забруднюється, то застосовують схему ***б***. При комплексному використанні води, коли вона є середовищем транспортування, поглинання і екстрагування і одночасно служить теплоносієм, застосовується схема ***в*** [11,14].

У реальних умовах при наявності різних вимог до якості використовуваної води і різної якості стоків, системи оборотного водопостачання модифікуються і ускладнюються. Так, на рис. 10.4а показана схема оборотного водопостачання різної якості стічної води двох група цехів, тобто коли цехи однієї групи не допускають використання води, яку скидають цехи іншої групи. У цих умовах влаштовують ізольовані відсіки охолоджуючих пристроїв А і Б, окремі групи насосів на циркуляційній насосній станції і окремі водоводи для транспортування води різної якості. На рис. 10.4б показана схема оборотного водопостачання, за якої цехи однієї групи скидають воду, що вимагає додаткового прояснювання у відстійниках. Після охолодження вода подається в обидві групи цехів єдиною системою труб [13].

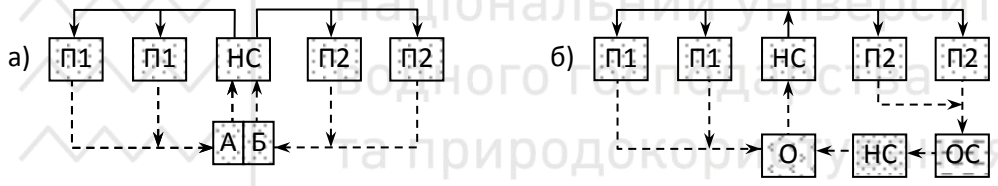


Рис. 10.4. Схеми оборотного водопостачання:
П1, П2 – перше і друге підприємство; НС – насосна станція; ОС – очисні споруди А,В,О – охолоджувач

У практиці виробничого водопостачання отримали широке застосування системи послідовного використання води (рис. 10.1). Ці системи влаштовують, коли якість води, що скидається одним споживачем, допускає її використання іншими споживачами. Так, споживач 1 скидає нагріту воду, але не забруднену. Вона може бути використана споживачами 2. Якщо кількість води, що скидається споживачем 1, перевищує потребу цехів 2, її надлишок може надходити в загальний стік.

В деяких випадках частина води з оборотного циклу одного споживача 1 (рис. 10.5) після охолодження використовується для групи інших споживачів 2, тобто є комбінація оборотного водопостачання і послідовного використання води. Системи послідовного використання води дозволяють значно скоротити подачу свіжої води з джерела і знизити витрати на водопостачання підприємства в цілому.

На великих підприємствах, що займають велику територію, іноді виявляється рентабельним поділ системи оборотного водопостачання за

Національний університет водного господарства та природокористування

групами цехів з влаштуванням декількох блоків охолоджуючих споруд і насосних станцій (рис. 10.6). Це дозволяє знизити витрати на спорудження водоводів та магістралей в межах майданчика, скоротити витрати енергії на подачу води та підвищити надійність водопостачання.

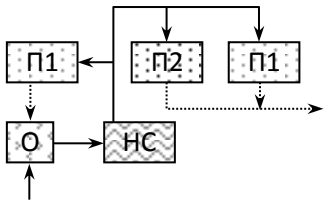


Рис. 10.5. Комбінація оборотного і послідовного водопостачання:
П1, П2 – перше і друге підприємство; НС – насосна станція; О – охолоджувач

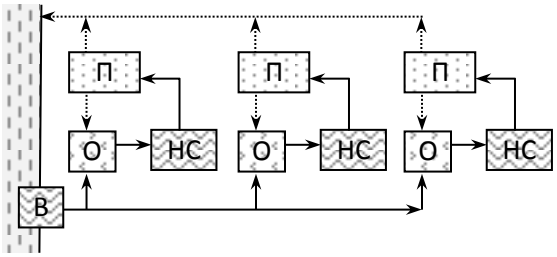


Рис. 10.6. Схема розділення системи оборотного водопостачання на окремі системи за групами цехів:
П – підприємство; НС – насосна станція; О – охолоджувач; В – водозабір

При проектуванні каналізації промислових підприємств необхідно мати відомості про повний фізико-хімічний склад загального стоку виробничих вод і основних цехових стоків: вміст фенолів, сполук сірки, нафтопродуктів, хлоридів та ін.., а також отруйних речовин (тетраетилсвинець, ціаніди, руть, миш'як та ін..). На підставі цих відомостей може бути розроблена раціональна схема відведення, обробки і використання виробничих стоків.

10.2. Вимоги до якості води в системах водопостачання промислових об'єктів та методи його забезпечення

Заміна природних прісних вод, що витрачаються на технологічні та енергетичні потреби, очищеними стічними водами дозволить вирішити проблему ліквідації дефіциту водних ресурсів і запобігти виснаження запасу прісних вод. Одним з найбільш радикальних шляхів необхідного скорочення споживання свіжої води є створення замкнутих систем промислового водопостачання, заснованих на багаторазовому використанні стічних вод, очищених до норм, що відповідають вимогам до якості технічної води.

Найбільша кількість води витрачається в теплообмінній апаратурі. Тільки на компенсацію втрат води в оборотних системах водопостачання окремі підприємства витрачають десятки і навіть сотні тисяч кубічних метрів води на добу. В умовах роботи оборотних систем багаторазовий нагрів води до 40-45°С і охолодження її в градирнях або бризкальних басейнах призводять до втрат діоксиду вуглецю та відкладень карбонату кальцію на поверхнях теплообмінників і труб у відповідності з реакцією

$$Ca^{2+} + 2HCO_3^- \rightleftarrows \underset{\downarrow}{CaCO_3} + \overset{\uparrow}{CO_2} + H_2O\,. \qquad (10.1)$$

Тому основною вимогою до води, що витрачається на підживлення

оборотних систем, є обмеження її карбонатної і сульфатної жорсткості. Швидкість відкладення карбонату кальцію та інших солей такої води не повинна перевищувати 0,25 г/(м^2·год). Обмежується в воді також вміст завислих речовин, оскільки крупні неорганічні частки (пісок) осідають на внутрішніх поверхнях холодильників, забивають трубки конденсаторів, відкладаються на окремих ділянках трубопроводів, а дрібні частинки потрапляють до осаду карбонату і сульфату кальцію, підвищуючи його міцність.

Вміст розчинних солей (лужних металів, магнію) у оборотній воді зростає пропорційно коефіцієнту її упарювання. Одночасно зростає і корозійна активність води, причому корозія матеріалів теплообмінних систем у м'якій воді, яка містить розчинений кисень, істотно вище, ніж у жорсткій воді такої ж мінералізації, що пов'язано з меншою буферною ємністю м'яких вод [13,27]. За відсутності інгібіторів граничний вміст солей в оборотній воді не повинен перевищувати вимог, що пред'являються технологічним обладнанням (~ 2 кг/м^3).

Нарешті, для запобігання інтенсивного біологічного обростання споруд та теплообмінних апаратів оборотних систем водопостачання в воді має бути обмеженим вміст органічних речовин і сполук біогенних елементів (азоту, фосфору), що є поживним середовищем для мікроорганізмів.

Допустима швидкість біологічних обростань теплообмінних апаратів не повинна перевищувати 0,07 г/(м^2·год); інтенсивність зростання товщини шару не повинна бути вищою 0,05 мм на місяць.

Необхідну кількість води для підживлення системи оборотного водопостачання можна визначити з матеріального балансу [13]

$$Q_{вп} + Q_{пс} + Q_{ф} + Q_{вв} + Q_{в} = Q_{к}, \qquad (10.2)$$

де $Q_{вп}$ – кількість води, яка у вигляді крапель виноситься вітром під час її охолоджування; $Q_{пс}$ – кількість оборотної води, що скидається з метою «продувки» системи; $Q_{ф}$ – кількість води, що втрачається з осадом при її фільтруванні; $Q_{вв}$ – кількість виробничих втрат води; $Q_{в}$ – кількість води, що випаровується на градирні; $Q_{к}$ – кількість, води, що компенсує всі втрати оборотної води в системі.

$$Q_{к}C_{к} = (Q_{вп} + Q_{пс} + Q_{ф} + Q_{вв})C_{об}, \qquad (10.3)$$

$$C_{к} = (Q_{вп} + Q_{пс} + Q_{ф} + Q_{вв})C_{об} / Q_{к}. \qquad (10.4)$$

Середні втрати води від випаровування становлять близько 2,5%, від крапельного виносу на градирнях 0,3-0,5%, величина продувного скиду коливається від 6 до 10% і в середньому може бути прийнята 8%. Сума всіх інших втрат приймається близько 1% від об’єму оборотної води.

Якість води, використовуваної на виробництві, встановлюється в залеж-

Національний університет водного господарства та природокористування

Таблиця 10.1

Загальні вимоги до якості оборотної води при використанні поверхневих і підземних джерел (за А.Ф.Шабаліном)

Показники	Од. вимірювань	Область та умови використання води[1]		Область та умови використання води[2]	
		Умови А[3]	Умови Б[4]	Умови В[5]	Умови Г[6]
Температура	°С	В залежності від технологічного процесу			
Завислі речовини*	мг/л	<50	< 20	при гравітації до 10000, при флотації до 200	
Ефіророзчинні	мг/л	<20	< 10	не нормується	
Запах	бал	< 3	< 3	<3	<4
pH	-	6,5-8,5	6,5-8,5	не норму-	6,5-9
Твердість карбонатна	мг-екв/л	<3,5	<2,5	ється	норматив[7]
Лужність загальна	мг-екв/л	≤4	≤3		норматив[8]
Загальний солевміст**	мг/л	<2000	<800	не нормується	
Cl^-	мг/л	<350	<150		
SO_4^{2-}	мг/л	<500	<250		
$Fe_{заг}$	мг/л	1-4	0,5-1		
Окиснюваність перманганатна	мгО/л	<20	< 20	норматив[9]	не нормується
ХПК	мгО/л	<200	–	не нормується	
$БПК_5$	мгO_2/л	15–20	–		
– азот загальний	мг/л	150	150		
– фосфор (P_2O_5)	мг/л	5			

* уточнюється залежно від швидкості руху охолоджуючої води в теплообмінних апаратах і від гідравлічної крупності завислих речовин

** допускається без застосування інгібіторів корозії

*** Більший вміст допускається при відсутності карбонатних відкладень

ності від її призначення і вимог технологічного процесу з урахуванням сировини, що переробляється, вживаного устаткування і готового продукту виробництва. Вода повинна бути нешкідливою для здоров'я людини при

[1] Вода І категорії, яка використовується для охолодження обладнання та технологічних продуктів у теплообмінних апаратах (через стінку)

[2] Вода, яка використовується в якості середовищ транспортування, поглинання, екстрагування тощо..

[3] охолодження без огневого нагріву поверхонь теплообміну

[4] охолодження з огневим нагрівом поверхонь теплообміну

[5] П категорії, без нагріву (збагачення корисних копалин, гідрозоловидалення і ін..)

[6] Ш категорії, з нагрівом (уловлювання і очищення газів, гасіння коксу і ін..)

[7] при обробці газів необхідна обробка оборотної води

[8] необхідна обробка води

[9] при гравітації не нормується, при флотації до 10

Національний університет водного господарства та природокористування

можливому контакті з нею і не повинна мати негативних органолептичних властивостей у відкритій системі водопостачання. У табл. 10.1 наведено загальні вимоги до якості води, що використовується в системах оборотного водопостачання промислових підприємств. Ці вимоги мають умовний характер, оскільки вони значною мірою залежать від типу теплообмінного обладнання, температури води, температури охолоджуваного продукту або обладнання, характеру завислих і розчинених речовин і ін.. Для визначення вимог до якості додаткової води величини, зазначені в табл. 10.1, можна розділити на коефіцієнт концентрування (упарювання) за умови, що компоненти забруднень не летючі і не випадають в осад.

Вода, що використовується для охолодження рідких і конденсації у теплообмінних апаратах газоподібних продуктів чи для охолодження обладнання, не повинна створювати механічних і сольових відкладень, корозії металу і біологічного обростання теплообмінного обладнання не повинна негативно позначатися на конструктивних елементах споруд систем водопостачання.

Механічні відкладення. Основним джерелом забруднення води дисперсними домішками, які утворюють так звані механічні відкладення, є забруднення води, яка додається в системи оборотного водопостачання для поповнення її втрат, за рахунок виносу у вигляді крапель з охолоджувачів, випаровування в охолоджувачах, продувки і неминучих витоків з системи у грунт. Іншим джерелом забруднення оборотної води механічними домішками є частки забруднень атмосферного повітря. Оборотна вода при проходженні через градирні вимиває з повітря в середньому 80% завислих речовин у вигляді пилу мінерального і органічного походження.

Тому питання про необхідність будівництва спеціальних споруд для вилучення дисперсних домішок з охолоджуючих відкритих систем оборотного водопостачання має вирішуватися в кожному конкретному випадку на підставі аналізу всіх факторів і, якщо можливо, з урахуванням практики експлуатації систем, що працюють в аналогічних умовах.

Сольові відкладення. Сольові відкладення, особливо відкладення карбонату кальцію, найчастіше зустрічаються в охолоджувальних системах оборотного водопостачання. Солі, присутні в оборотній воді, поділяються на добре розчинні солі, що не випадають в осад і не утворюють відкладень, і на солі, які через недостатню розчинність або внаслідок фізико-хімічних процесів, що відбуваються в охолоджувальних системах оборотного водопостачання, можуть випадати в осад і створювати відкладення.

Основними іонами, які можуть приводити до відкладень мінеральних солей, є:

- *аніони* - бікарбонати, карбонати, гідроокиси, фосфати, сульфати, силікати;
- *катіони* - кальцій, магній, алюміній, залізо, цинк.

Більшість цих іонів знаходиться в підживлювальній воді. Однак залізо і меншою мірою алюміній і цинк, з яких виготовлені конструктивні елементи споруд, можуть з'являтися в оборотній воді лише в основному в результаті їх

корозії. Фосфати і цинк, і зрідка силікати можуть потрапити у системи оборотного водопостачання в складі інгібіторів корозії металів.

У багатьох солей, що випадають з розчинів, особливо у карбонату кальцію, розчинність знижується зі збільшенням температури. При цьому температура поверхні металу (поверхні контакту води з трубами) грає головну роль у швидкості відкладення.

Від величини *pH* залежить тенденція кальцію утворювати карбонати, що характеризується індексом Ланжельє (табл. 10.2). З табл. 10.2 випливає, що чим вище *pH* охолоджуючої води, тим помітніше тенденція до утворення відкладень з мінеральних солей.

Таблиця 10.2

Характеристика води за індексом Ланжельє[10]

Індекс Ланжелье	Тенденція води до утворення накипу або корозії
+ 2	Накипоутворення і практично відсутність корозії
+ 0,5	Можливі незначне накипоутворення або корозія
0	Рівноважний стан, але можлива піттингова корозія
– 0,5	Можливі незначна корозія і відсутність накипоутворення
– 2	Корозійна активність

Корозія. Основною причиною корозії металів в охолоджуючій воді є присутність розчиненого кисню і вуглекислоти. Остання знижує *pH* води, внаслідок чого відбувається вплив кислоти на метал. Іншими факторами, що підсилюють корозію, є електропровідність води та наявність розчинених у воді таких газів, як сірчистий ангідрид, аміак, хлор та ін.. Серед інших причин, що підсилюють корозію, можна назвати відкладення продуктів корозії на стінках труб, біологічні обростання, а також у деяких випадках присутність накипу.



Рис.10.7. Загальний вигляд відкладень в трубопроводі

При використанні води в якості теплоносія до числа найважливіших її якостей відносяться відсутність випадання осадів на поверхнях теплообміну і мінімальна корозійна активність. Стабільною називають воду, яка не викликає

[10] Піттингова корозія (англ. pitting, від англ. Pit - покривати (ся) ямками - корозія металів, що зумовлює утворення виразок, порожнин в металі, які роз починаються з його поверхні.

Національний університет водного господарства та природокористування

корозії поверхні металу, з якою вона стикається, і не виділяє на цих поверхнях опади карбонатів кальцію.

Індекс Ланжельє ($I_н$) підраховується за такою формулою:

$$J_н = pH + K_т + K_л + K_ж – K_с, \quad (10.5)$$

де: pH – водневий показник; $K_т$ – температурний коефіцієнт; $K_л$ – коефіцієнт загальної лужності; $K_ж$ – коефіцієнт жорсткості; $K_с$ – коефіцієнт солевмісту (табл..10.3)

Якщо індекс $J_н$ має від'ємне значення, то це вказує на агресивний або корозійно-активний стан води. Позитивне значення індексу вказує на те, що на стінках труб може формуватися тонкий шар осаду і труби будуть захищеними від шкідливого впливу води.

Вода, яка використовується як теплоносій, повинна мати індекс стабільності *J*, близький до 0.

Таблиця 10.3

Таблиця для визначення коефіцієнтів Ланжелье

Назва параметра	Значення								
Загальна лужність, мг/л	25	50	75	100	150	200	400	800	1000
Коефіцієнт лужності	1,4	1,7	1,9	2,0	2,2	2,3	2,6	2,9	3,0
Жорсткість за кальцієм, мг/л	50	75	100	150	200	300	600	800	1000
Коефіцієнт жорсткості	1,30	1,50	1,60	1,80	1,90	2,10	2,35	2,50	2,60
t,C^o	0,0	2,8	7,8	11,7	15,6	18,9	28,9	34,4	40,6
Температурний коефіцієнт	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,7	0,8	0,9
Загальний солевміст, мг/л	0	1000	2000	3000	4000	5000			
Коефіцієнт солевмісту	12,00	12,10	12,20	12,25	12,30	12,35			

Для підтримки стабільності води в заданих межах необхідно регулювати кілька параметрів: *pH*, лужність або карбонатну жорсткість. Стабільність збільшується при введенні карбонатів натрію або кальцію, підлужуванні, а зменшується при пом'якшенні води або введенні кислоти

Біологічні обростання. Наявність біологічних обростань в системах оборотного водопостачання зумовлено інтенсивним зростанням і розвитком різних форм бактерій, грибів і водоростей, що потрапляють з джерела водопостачання і повітря. Бактеріальні та грибкові біологічні обростання, як правило, спостерігаються в теплообмінних апаратах, обростання водоростями - в градирнях [27].

10.3. Умови повторного використання стічних вод в промисловості

Зрозуміло, що при використанні стічної води для підживлення систем оборотного водопостачання вона повинна повністю відповідати вимогам технологічних процесів.

Перевід оборотних систем водопостачання в режим, який не потребує стабільного скиду оборотної води для продувки системи, дозволяє скоротити

об'єм води для підживлення систем, принаймні, в три рази і відповідно зменшити обсяг капітальних і експлуатаційних витрат. У безстічних оборотних системах водопостачання до якості живильної води пред'являються більш жорсткі вимоги, ніж в системах з продувкою.

Для підживлення оборотних систем заміна природної води стічними водами вимагає вибору джерела стічних вод з відносно постійною характеристикою забруднень. Такими стічними водами є, в першу чергу, біологічно очищені суміші міських і промислових стічних вод.

Санітарно-хімічна характеристика біологічно очищених міських стічних вод:

БПК, мг O_2/м^3	12–40
Загальний солевміст, г/м^3	400–1500
Жорсткість загальна, г·екв/м^3	5–8,5
Вміст катіонів і аніонів, г/м^3:	
натрію і калію (Na^+, K^+)	250
хлоридів (Cl^-)	90–420
сульфатів (SO_4^{2-})	120–240
фосфатів (PO_4^{3-})	0,8–13,5
аміаку і солей амонію (у перерахунку на аміак)	0,73–8,8

Цілком очевидно, що біологічно очищені міські стічні води за жорсткістю, загальним солевмістом, вмістом хлоридів і сульфатів, концентрацією сполук біогенних елементів і *БПК* не відповідають вимогам до води підживлення замкнутих систем і потребують додаткового доочищення. Ступінь такого доочищення визначається не тільки мінералізацією і величиною *БПК* очищених стічних вод, а й параметрами продувки оборотних систем, конструкцією теплообмінників і гідродинамічним режимом руху рідини.

При збільшеному стабілізаційному скиді і використанні суміші стічних і природних вод в оборотних системах можна обмежитися відносно нескладним доочищенням стоків, наприклад, фільтруванням. При використанні сучасних типів теплообмінників та організації замкнутих систем оборотного водопостачання біологічно очищені стічні води повинні проходити більш повне очищення і знесолення.

Найбільш поширена біологічне очищення промислових і побутових (міських) стічних вод, проте якість очищеної води дозволяє її використовувати без подальшої обробки лише для небагатьох цілей і за неодмінної умови відсутності контакту води з людьми. У більшості ж випадків біологічно очищені стічні води є лише початковою сировиною для підготовки технічної води.

Концентрування малих кількостей забруднень досягається методами екстракції, відгонки з водяною парою і сорбції.

Знесолення і пом'якшення води може досягатися при використанні іонообмінних процесів, для застосування яких слід визначити умови використання вилучених з води концентратів солей і відпрацьованих реагентів.

Використання стічних вод для водопостачання технологічних циклів в

промисловості дозволяє значно скоротити потребу підприємства у свіжій прісній воді і надійно та економно вирішити завдання захисту водного басейну від забруднення.

Забезпечення необхідної якості стічної води досягається шляхом раціонального поєднання ряду технологічних процесів очищення води, який досягається в цеху доочищення суміші стічних вод та підготовки їх для водопостачання.

Для забезпечення якісного очищення загального стоку підприємства в багатьох випадках застосовують локальні споруди очищення окремих видів стічних вод, і в першу чергу це стосується стоків що містять цінні компоненти, які необхідно повернути у виробництво або утилізувати у вигляді вторинних товарних продуктів.

10.4. Технологічні схеми отримання технічної води із біологічно очищених стічних вод

Вибір і поєднання сучасних методів доочищення біологічно очищених стічних вод значною мірою визначаються вимогами до очищеної води та її роллю у виробничому процесі.

Найбільш ефективними та економічно доцільними методами доочищення стоків є фільтрування, обробка стоків реагентами, сорбція на активованому вугіллі та іонообмінних смолах [8].

Фільтрування біологічно очищених стічних вод характеризується відносною простотою і надійністю роботи фільтрувальних споруд, а також невисокою собівартістю такого доочищення. Слід, однак, мати на увазі, що простим фільтруванням зі стічної води не можна видалити колоїдні і, тим більше розчинені забруднення. Внаслідок цього такі стічні води в системах технічного водопостачання знаходять обмежене застосування, зокрема, не можуть використовуватися для підживлення повністю замкнутих циклів оборотного водопостачання.

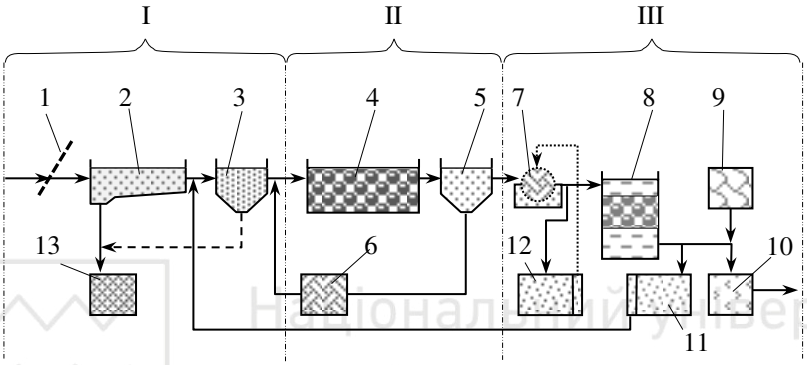
Основним обладнанням на фільтрувальних станціях є сітчасті барабанні фільтри і фільтри з зернистим шаром, які призначені для вилучення з води завислих речовин. Обидва типи фільтруючих пристроїв нерівноцінні за ефективністю очищення води.

Сітчасті барабанні фільтри не дозволяють глибоко очищати воду, тому вони, як правило, використовуються в якості допоміжного обладнання, що встановлюється перед зернистими фільтрами для вилучення крупних домішок. Фільтри з зернистим шаром, що забезпечують високу ступінь вилучення з води завислих речовин, можуть працювати як самостійно, так і разом з мікрофільтрами.

На рисунку 10.8 наведена принципова технологічна схема доочищення стічних вод фільтруванням, яка є типовою для більшості діючих фільтрувальних установок третинної очищення стоків. Відповідно до цієї схеми, стічні води проходять механічне та біологічне очищення, а потім надходять на барабанні сітки 7 і зернисті фільтри 8. На барабанних сітках

Національний університет водного господарства та природокористування

затримуються крупні частки, вилучення дрібних домішок досягається на зернистих фільтрах. Стічні води, що пройшли фільтрувальні споруди, обробляються хлором. При хлоруванні води досягають не тільки її знезараження, що гарантує санітарну безпеку використання доочищених стічних вод, а й припинення розвитку біологічних процесів в охолоджуючих системах оборотного водопостачання промислових підприємств. Необхідна для цих цілей доза хлору залежить від концентрації в оброблюваній воді органічних і неорганічних сполук, і зазвичай знаходиться в межах 5–10 г/м^3 [13].



10.8. Технологічна схема очищення стічних вод з доочищенням на фільтрах:
I – механічне очищення; II – біологічнеа очищення; III – доочищення фільтруванням; 1 – грати; 2 – пісковловлювач; 3 – первинний відстійник, 4 – аеротенк; 5 – вторинний відстійник; 6 – регенератор активного мулу; 7 – сітчастий барабанний фільтр; 8 – фільтр із зернистим фільтруючим шаром; 9 – установка для хлорування; 10 – контактний резервуар; 11 – резервуар збору промивної води; 12 – резервуар-накопичувач промивної води; 13 – піскові майданчики

Крім основного технологічного обладнання на фільтрувальних установках є ряд допоміжних споруд: резервуар-накопичувач 12 промивної води з насосною станцією, резервуар 11 для збору промивної води з насосною станцію для перекачування промивної води в головну частину очисних споруд.

На деяких фільтрувальних станціях замість барабанних сітчастих фільтрів встановлені мікрофільтри, які оснащені фільтруючим полотном з дрібним розміром вічок сітки (5–40 мкм) і забезпечують більш високий ефект вилучення завислих речовин зі стічної води. В окремих випадках мікрофільтри використовуються як самостійні споруди [12]. Застосування мікрофільтрів в системах третинної обробки стічних вод дозволяє знизити концентрацію завислих речовин на 50–80% і $БПК_5$ на 25–50%, причому ступінь доочищення стоків на мікрофільтрі залежить від розміру вічок робочої сітки, швидкості фільтрування та переміщення сітки.

Підвищити ступінь доочищення стічних вод і тим самим розширити область можливого використання доочищеної води дозволяє застосування різноманітних реагентів та технологічних прийомів.

При обробленні води реагентами із дрібними частинками вилучаються з води органічні колоїди, ПАР, фосфати [13].

Національний університет водного господарства та природокористування

В якості коагулянтів при доочищенні стоків найчастіше використовують сульфат алюмінію, хлорид заліза, вапно, поліелектроліти. Для поліпшення процесу хімічного осадження до основного коагулянту нерідко додають різні флокулянти - високомолекулярні органічні та мінеральні сполуки, що сприяє збільшенню розмірів пластівців при коагулюванні. Вид коагулянту і флокулянту та їх дози залежать від властивостей і характеру забруднень, присутніх в стічній воді.

Для глибокого очищення побутових стічних вод особливо ефективне застосування коагулянтів. Для цього, як правило, використовується сульфат алюмінію або хлорид заліза в кількості 50–150 г/м^3, що дозволяє видаляти до 90% фосфатів при одночасному зниженні *БПК* на 60–85% (до 9–15 г O_2/м^3) і *ХПК* на 40–70%.

Слід, однак, відзначити, що ефект застосування коагулянтів для доочищення біологічно очищених стоків міста значною мірою залежить від складу і кількості стічних вод, що надходять на очищення від промислових підприємств [9]. В деяких випадках коагуляційна обробка біологічно очищених стічних вод промислових вузлів з переважаючою кількістю стоків хімічних і нафтохімічних підприємств виявляється взагалі непридатною. Це наочно ілюструється результатами зміни величини *ХПК* і кольоровості біологічно очищених стічних вод м. Києва (табл. 10.4) [13].

Таблиця 10.4

Зміна величини ХПК і кольоровості при обробці коагулянтами біологічно очищених стічних вод та суміші міських і промислових стічних вод хімічного комбінату [13].

Доза коагулянту	Коагулянт $Al_2(SO_4)^3$		Коагулянт $FeCl_3$	
	зниження величини *ХПК*, %	зниження кольоровості, %	зниження величини *ХПК*,%	зниження кольоровості, %
Доочищення біологічно очищених стічних вод (початкова вода: *ХПК* 32 г O_2/м^3, кольоровість 43 град.)				
50	–	–	50	65
100	28	46	53	77
200	46	60	63	66
300	53	65	–	–
400	56	72	–	–
Доочищення біологічно очищених міських і промислових стічних вод (початкова вода: *ХПК* 64 г O_2/м^3, кольоровість 52 град.)				
50	0	0	20	31
100	6	12	30	52
200	17	22	31	63
300	18	26	–	–

При вирішенні питання про доцільність застосування коагулянтів для доочищення стічних вод необхідно також мати на увазі, що введення стадії обробки води коагулянтами зумовлює зростання мінералізації очищеної води;

Національний університет водного господарства та природокористування

відходами є шлами, утворені осілими пластівцями сильно забруднених гідроксидів алюмінію або заліза. Вологість цих шламів часто перевищує 98%.

Фільтруються такі шлами дуже погано. Тому в безстічних і безвідходних системах водопостачання підприємств раціональність застосування коагулянтів в кожному конкретному випадку пов'язана з існуванням реальної можливості утилізації шламів, їх ліквідації або регенерації з них коагулянтів.

У тих випадках, коли методи очищення води коагулянтами з наступним фільтруванням є недостатньо ефективними, використовують адсорбційні методи глибокого очищення стоків активованим вугіллям.

Широке застосування адсорбції в технології очищення стічних вод зумовлено тим, що активоване вугілля здатне ефективно вилучати з води органічні речовини. При регенерації відпрацьованого активованого вугілля не утворюються шкідливі відходи, а в деяких випадках в процесі регенерації вдається вилучити цінні продукти.

У технологічних схемах станцій глибокого доочищення біологічно очищених стічних вод передбачається попередня обробка води вапном для видалення основної маси колоїдних органічних речовин та аміаку, рекарбонізація і осадження карбонату кальцію, фільтрування через фільтри із зернистим шаром [24]. Наступним етапом доочищення є адсорбційне очищення води активованим вугіллям для максимального видалення низькомолекулярних розчинених органічних забруднень. На завершальній стадії доочищення застосовують знезараження води хлором (рис. 10.9.). У деяких випадках до складу споруд додатково включають флотаційні установки для видалення ПАР і водоростей.

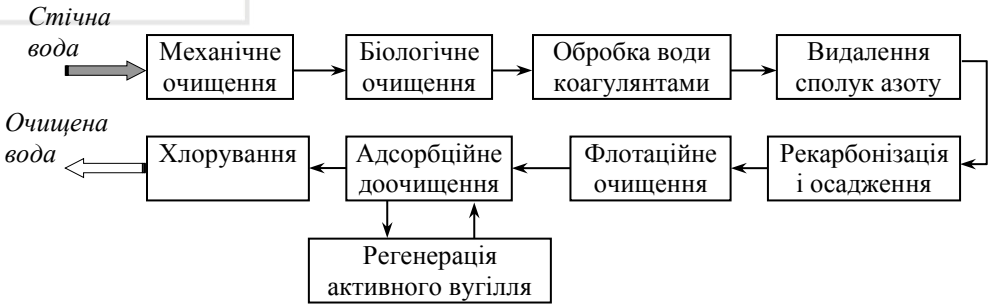


Рис 10.9. Технологічна схема споруд глибокого очищення стічних вод з використанням адсорбційних методів видалення органічних забруднень [13,16]

10.5. Комбіновані технологічні схеми біологічного та фізико-хімічного очищення стічних вод

Реагентне доочищення біологічно очищених стічних вод потребує великих капітальних і експлуатаційних витрат, тому його застосування доцільне лише у випадках відсутності інших альтернативних рішень. Разом з тим досягнення такої ж глибини очищення стічних вод, але при значно

Національний університет водного господарства та природокористування

менших витратах, можливе за рахунок оптимального поєднання реагентних і біологічних методів [22].

Реагенти для зв'язування фосфору у важкорозчинний фосфат заліза рекомендовано вводити у стічні води перед аеротенками, вторинними відстійниками або, як це робиться при звичайному доочищенні, перед третинними відстійниками або фільтрами. Від місця введення реагенту та його дози залежить ефективність вилучення фосфору та інших забруднень.

Введення реагентів у стічні води перед аеротенками в кількості 30 г/м^3 за F_2O_3 дозволяє підвищити в них робочу дозу активного мулу (до 7 г/л для міських стічних вод) без погіршення роботи вторинних відстійників, чому сприяє зниження мулового індексу та збільшення зольності активного мулу. Введення реагентів знижує біохімічну активність мікроорганізмів. Водночас при кількостях коагулянту до 5 мг на 1 г беззольної речовини активного мулу і навантаженнях на мул до 500 мг/(г·добу) окислювальна потужність аеротенка зростає внаслідок збільшення дози мулу. Для окислення двовалентного заліза у тривалентне в аеротенку слід підтримувати концентрацію розчиненого кисню не меншою за 5 мг/л.

Якість очищеної води при дозі коагулянту 25 г/м^3 характеризується такими показниками, г/м^3: після вторинного відстійника $БПК_{повн}$ 10...15, *ХПК* - 55...60, завислі речовини – 10, загальний фосфор – 2,4, фосфати (PO_4) – 0,4; після додаткового фільтрування на зернистому фільтрі з висхідним потоком води $БПК_{повн}$ – 3,5, *ХПК* – 5...40, завислі речовини – 2,0, загальний фосфор – 2,0, фосфати – 0,4.

Параметри роботи фільтрів при введенні коагулянту перед аеротенками лишаються такими самими, як і при безреагентному фільтруванні: найбільша швидкість фільтрування 15 м/год, тривалість фільтроциклу 25. ..35 год.

Введення коагулянту перед вторинними відстійниками призводить до збільшення мулового індексу, що зумовлює підвищення концентрацій завислих речовин в очищеній воді до 20 г/м^3 при дозах коагулянти до 15 г/м^3. Вищі дози призводять до спухання мулу. У схемі з введенням коагулянту перед вторинними відстійниками рекомендоване додаткове прояснення стічних вод на фільтрах, які працюють зі швидкістю фільтрування 10.. .12 м/год і тривалості фільтроциклу 12...18 год. Якість очищеної води при дозі коагулянту 15 г/м^3 характеризується такими показниками, г/м^3: $БПК_{повн}$ – 2,5, *ХПК* – 40, завислі речовини – 2,0, загальний фосфор – 2,3, фосфати – 0,9.

Досить перспективною є технологічна схема з флотаційним розділенням мулової суміші і введенням коагулянту у флотаційну камеру. Дози коагулянтів для уникнення виносу заліза очищеною водою дорівнюють для тривалентного заліза 10 г/м^3, для двовалентного – 5 г/м^3. За цих доз ефект усунення загального фосфору сягає відповідно 80 і 70%. Флотаційні муловідділювачі повинні працювати за схемою з рециркуляцією робочої рідини. Питома витрата повітря, яке бере участь у процесі флотації, складає 4...6 л на 1 кг сухої речовини, що забезпечує концентрацію завислих речовин у проясненій воді 10...15 г/м^3. При питомій витраті повітря 9 л/кг можливе зниження концентрації завислих речовин до 5 г/м^3.

Національний університет водного господарства та природокористування

Науковцями НУВГП [16,22] розроблена комбінована технологічна схема біологічного та фізико-хімічного очищення стічних вод, яка дозволяє водночас з отриманням високоякісної очищеної води інтенсифікувати біологічне очищення за рахунок повторного використання на стадії попереднього прояснення стічних вод гідроксидів алюмінію та заліза, утворених при реагентному доочищенні води. Суть технологічної схеми полягає в тому, що деяка частина очищеної води разом з осадом, який утворився при реагентному доочищенню стічних вод, насичується повітрям при надмірному тискові й використовується як рециркуляційна робоча рідина для флотатора, призначеного для попереднього прояснення стічних вод перед аеротенками чи біофільтрами (рис .10.10).

Використання такого технологічного заходу дозволяє максимально використати сорбційну здатність утворених гідроксидів металів і видалити завдяки цьому значну частину забруднень із стічних вод, які надходять на біологічне очищення. Велику позитивну роль у процесі попереднього очищення стічних вод відіграє також напірна флотація.

При очищенні стічних вод в аеротенках весь активний мул змішується із стічною водою перед флотатором, і це забезпечує біокоагуляцію забруднень. При очищенні стічних вод на біофільтрах у флотатор надходить робоча рідина, яка відбирається із вторинних відстійників разом з біоплівкою та осадом, що утворився в результаті введення коагулянту.

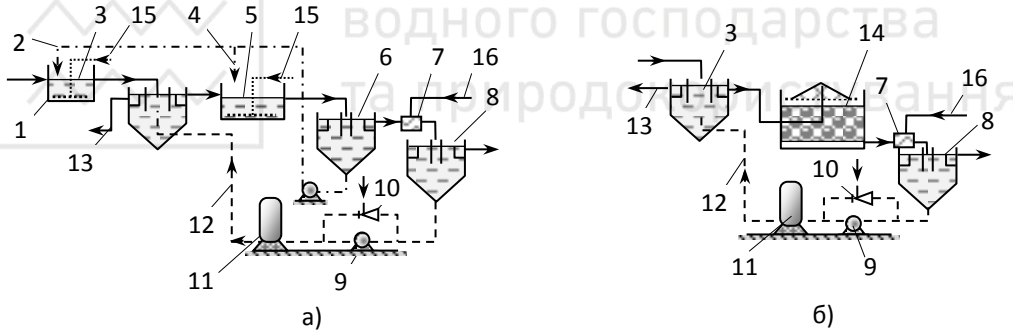


Рис.10.10. Комбіновані технологічні схеми біологічного та фізико-хімічної очищення стічних вод з аеротенками (а) і біофільтрами (б): 1 – преаератор; 2 – надлишковий активний мул; 3 – флотатор; 4 – зворотний активний мул; 5 – аеротенк; 6 – вторинний відстійник; 7 – змішувач; 8 – третинний відстійник; 9 – насос; 10 – водоструминний ежектор; 11 – напірний бак; 12 – трубопровід робочої рідини; 13 – відвід флотаційного шламу; 14 – біофільтр; 15 – подача повітря; 16 – подача реагенту

Комбінована технологія біологічного та фізико-хімічного очищення стічних вод може бути ефективно використана для інтенсифікації очищення висококонцентрованих промислових стічних вод за необхідності більш ретельної їх підготовки до біологічного очищення, ніж це досягається традиційно застосовуваними методами. Попереднє розведення стічних вод і вилучення значної частини забруднень сорбцією на реагентному осаді здатні забезпечити нормальну роботу аеротенків чи біофільтрів навіть при значному

Національний університет водного господарства та природокористування

їх перевантаженні у звичайних умовах.

10.6. Технологічні схеми очищення виробничих стічних вод

10.6.1. Технологічні схеми очищення виробничих стічних вод заводів виробництва синтетичних волокон

До синтетичних волокон відносяться поліамідні волокна – капрон і анід, поліефірне волокно лавсан і акрилонітрильне волокно нітрон.

Основна сировина і хімічні речовини, застосовувані при виробництві цих волокон: капролактам, адипінова кислота і гексаметилендіамін, диметилтерефталат, етиленгліколь, метанол, нітрилакрілова кислота, метилакрілат, роданід натрію.

Промислові забруднені стічні води утворюються в процесах відмивання волокна капрон, формування і відмивання волокна нітрон, регенерації мономерів і розчинників.

Концентровані рідкі відходи, що утворюються в проміжних процесах виробництва синтетичних волокон, у каналізацію не скидаються, а направляються на спалювання і спеціальні печі. Забруднені стічні води[11], як правило, містять залишки органічних речовин у концентраціях, що дозволяють направляти воду після усереднення безпосередньо на загальні міські або районні споруди біологічного очищення.

Питома кількість забруднених стічних вод на 1 т продукції сягає для виробництва волокна капрон – 50 – 180 м^3, лавсан – 20 – 100 м^3 і нітрон – 110 м^3 (табл. 10.4).

Локальне очищення стічних вод установок для фарбування волокна лавсан зводиться до реагентного видалення із води барвників, ПАР та інших органічних речовин до меж, що допускають її наступне біологічне очищення. Схема локального очищення приведена на рис.10.11.

При проектуванні очисних споруд приймаються наступні параметри: об’єм усереднювачів – на добовий приплив води; час відстоювання води 4 год; швидкість фільтрування 6 м/год; кінцева $БПК_{повн}$ після локального очищення 200 – 300 мг O_2/л.

Стічна вода від установок кристалізації виробництва волокна нітрон підлягає очищенню від роданіду натрію методом іонного обміну в напірних

фільтрах,завантажених аніонітом. Вода проходить послідовно через два фільтри. Після повного насичення фільтра обидва фільтри виключаються на регенерацію. При цьому вода з першого фільтра спочатку витискується знесоленою водою у другий фільтр. Потім у перший фільтр попадають розчини їдкого натру. Частину елюату, насиченого роданідом, повертають у виробництво, іншу використовують для регенерації інших фільтрів або скидають у каналізацію. У перший фільтр подається розчин соляної кислоти

[11] за винятком вод від установок фарбування волокна лавсан, кристалізації й екстракції роданістих розчинів виробництва волокна нітрон

Національний університет водного господарства та природокористування

для заміщень іона OH^- на іон Cl^-, весь елюат при цьому скидають у каналізацію. Після регенерації фільтри включаються в роботу таким чином, щоб другий фільтр був першим по ходу руху стічних вод (рис.10.12).

При проектуванні очисних споруд приймається: об'ємна ємність аніоніту (по іону CNS^-) 50 – 60 кг/м^3, швидкість фільтрування 5 – 6 м/год, концентрація регенераційних розчинів 60 г/л *NaOH* і 80 г/л *HCl*, концентрація роданіду натрію в елюаті, повернутому у виробництво, 60 – 70 г/л, в очищених стоках 2 – 3 мг/л; загальна тривалість фільтрування і регенерації 8 – 10 год.

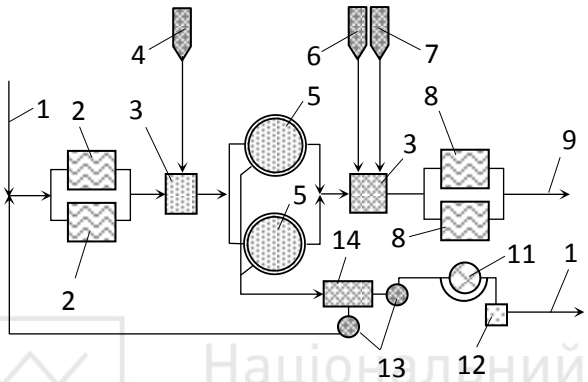


Рис. 10.11. Схема локального очищення стічних вод від установок фарбування волокна лавсан:
1 – забруднені стоки; 2 – усереднювачі; 3 – реактор; 4 – дозатор розчину коагулянту (залізного купоросу); 5 – відстійники; 6 – дозатор сірчаної кислоти; 7 – дозатор їдкого натру; 8 – фільтри; 9 – очищені стічні води на біологічне доочищення; 10 – зневоднений шлам у піч спалювання; 11 – вакуум-фільтри; 12 – маслонасос для шламу; 13 – насоси; 14 – ємність.

Таблиця 10.4

Загальні відомості про концентрацію забруднюючих речовин стічних вод виробництва синтетичних волокон

Забруднюючі речовини	Концентрація забруднюючих речовин, кг на 1 т продукції		
	Поліамідне волокно капрон	Поліефірне волокно лавсан	Акрілонітрильне Волокно нітрон
Акрілонітріл	–	–	20
Інші органічні речовини	–	–	40
Роданід натрію	–	–	35
Метанол	–	7	–
Сірчана кислота	–	20	230
Їдкий натр	–	25	–
Сульфат натрію	–	20	230
Органічні кислоти	–	80	–
Барвники , ПАВ	В залежності від кількості забарвленого волокна		
$БПК_{повн}$ (мг O_2/т)	80	50	120
Завислі речовини	60	60	60

Примітка: наведено орієнтовні значення складу і кількість забруднюючих речовин з деяких видів штучних волокон

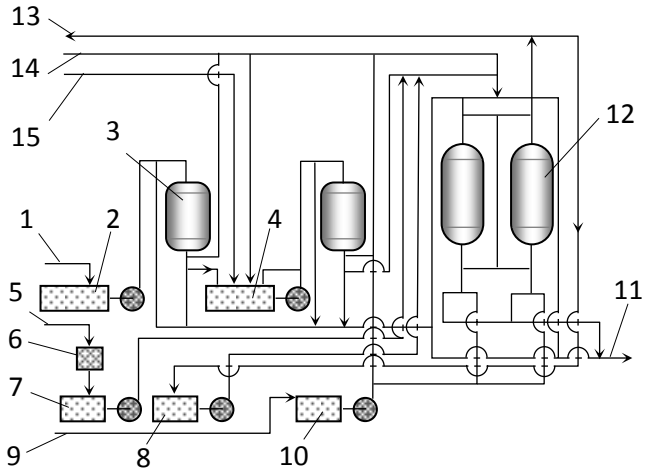


Рис. 10.12. Схема локального очищення стічних вод виробництва волокна нітрон від роданіду натрію:
1 – забруднені стічні води; 2 – прийомний резервуар; 3 – напірні піщані фільтри; 4 – резервуар-змішувач; 5 – їдкий натр; 6 – дозатор концентрованого розчину їдкого натру; 7 – бак для приготування свіжого розчину їдкого натру; 8 – бак для відпрацьованого розчину лугу; 9 – соляна кислота; 10 – бак для розчину соляної кислоти; 11 – очищені стічні води на біологічне доочищення; 12 – іонообмінні фільтри; 13 – розчин регенерованого роданіду натрію; 14 – знесолена вода; 15 – відпрацьовані технологічні розчини

У випадку застосування у виробництві волокна нітрон установок екстракції з'являються висококонцентровані рідкі відходи, що містять 70 – 80 г/л сірчаної кислоти, 70 – 80 г/л сульфату натрію та суміші органічних речовин. При недоцільності утилізації ці рідкі відходи нейтралізуються і направляються в ставки накопичувачі-випарники.

10.6.2. Очищення стічних вод заводів пластмас

Підприємства з виробництва пластмас підрозділяють на дві основні групи:

1) призначені для вироблення різних пластмас і напівпродуктів для них;

2) призначені для переробки пластмас у вироби.

Поширеною продукцією таких підприємств є виробництво поліолефінів (поліетилену, поліпропілену), полістиролу, карбамідних смол, фенолформальдегідних смол, вінілацетату і його похідних, поліформальдегіду, полікарбонату.

Процеси виробництва пластмас пов'язані, як правило, з утворенням хімічно забруднених стічних вод, кількість і склад яких визначаються технологічними розрахунками і залежать від виду продукції, що випускається, і технології виробництва.

Наприклад, витрата стічних вод на підприємствах першої групи коливається від 1,5 – 2 до 15 – 20 тис. $м^3$/доб, на підприємствах другої групи – від 0,5 до 2 тис. ;

Національний університет водного господарства та природокористування

До найбільш розповсюджених забруднювачів стічних вод підприємств першої групи відносяться такі органічні сполуки, як метанол, фенол, формальдегід і інші вуглеводні, а також солі неорганічних кислот, переважно сульфати і хлориди; для стічних вод підприємств другої групи характерна присутність сполук хрому і нафтопродуктів.

*Водовідведення і очищення стічних вод***.** На заводах пластмас і напівпродуктів для них у залежності від характеристики і прийнятих методів очищення виробничих стічних вод проектують об'єднану або роздільну систему виробничої каналізації з мереж [7,10]:

1) хімічно забруднених стічних вод, які містять органічні і неорганічні забруднення;[12]

2) кислих стічних вод;

3) лужних стічних вод.

Можливе влаштування і інших мереж, наприклад, каналізаційної мережі солемістких стічних вод.

Самостійні каналізаційні мережі кислих і лужних стічних вод проектують у тих випадках, коли нейтралізацію цих вод здійснюють не в цехах, а на загальнозаводських станціях нейтралізації.

На підприємствах переробки пластмас у вироби проектують, як правило, об'єднану систему каналізації, що відводить побутові і виробничі стічні води по одній мережі в систему міської каналізації або на біологічні очисні споруди підприємства.

Очищення стічних вод здійснюють переважно в дві стадії: первинне (локальне) очищення від основної кількості забруднень і вторинне очищення на біологічних очисних спорудах перед випуском стічних вод у водойму. В окремих випадках застосовують третинне очищення (доочищення), необхідність якого визначається умовами скидання стічних вод у водойму або використанням очищених стічних вод для технічного водопостачання (рис.10.13).

Локальне очищення стічних вод є частиною технологічного процесу і призначається для видалення зі стічних вод цінних органічних і неорганічних речовин з метою їхнього використання у виробництві. Для запобігання потрапляння в каналізацію (в аварійних ситуаціях) продуктів у недопустимих кількостях у технологічній частині проекту повинні бути передбачені відповідні заходи ректифікації, термічне знешкодження).

Після локального очищення і нейтралізації стічні води потребують, як правило, додаткового очищення від розчинених в них органічних забруднень, у зв'язку з цим вони направляються по мережі хімічно забруднених стічних вод на біологічні очисні споруди. Перед спорудами

[12] У цю ж мережу направляють атмосферні стічні води з територій резервуарних парків, відкритих технологічних установок, а також стічні води після нейтралізації

біологічного очищення виробничі стічні води змішують з механічно очищеними побутовими стічними водами.

Об'єм виробничих стічних вод, а також якісна і кількісна характеристики їх забруднень залежать від номенклатури і потужності виробництв в складі даного підприємства.

Перспективним технічним рішенням для виробництва пластмас є безстічна технологія.

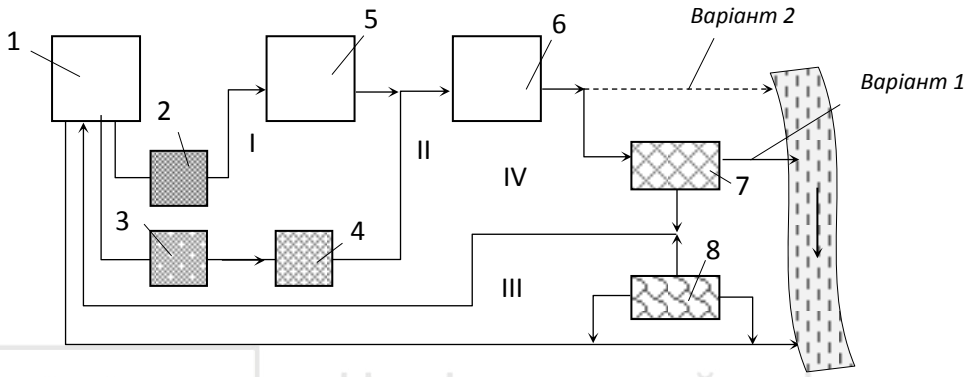


Рис. 10.13. Схема каналізації підприємства з виробництва пластмас: 1 – підприємство; 2 і 4 – насосні станції; 3 – прийомний резервуар; 5 – споруди механічного очищення; 6 – споруди біологічного очищення; 7 – споруди доочищення; 8 – споруди очищення поверхневого стоку; I – мережа побутових стоків; II – мережа виробничих хімічно забруднених стоків; III – дощова мережа; IV – подача очищених стічних вод у систему технічного водопостачання підприємства

10.6.3. Очищення стічних вод нафтопромислів, нафтобаз

Нафтопромисли. Нафта, що добувається на промислах, перед транспортуванням на нафтопереробні заводи, як правило, піддається попередній підготовці з метою зневоднювання, знесолювання, виділення супутніх газів і цінних речовин.

Пластові води, що містяться в нафті, частково відокремлюються на резервуарних пунктах і резервуарних парках нафтопромислів при гравітаційному відстоюванні. Вміст пластових вод у нафті в міру розробки родовища збільшується (в окремих випадках від 2 – 3 до 85 – 90%).

Стічна вода від установок підготовки нафти в результаті застосування СПАР, що сприяють її деемульсації, забруднюється окремими деемульгаторами: до 3000 мг/л аніоноактивними домішками, або до 250 мг/л сульфанолом; до 300 мг/л катіоноактивними домішками, до 100 мг/л неіоногенними домішками, або дисольваном.

Істотним джерелом утворення забруднених нафтою і механічними домішками стічних вод є атмосферні опади? що забруднюються нафтопродуктами.

Таким чином, основний об'єм стічних вод нафтопромислів складається із суміші пластових, технічних і атмосферних вод. До інших менш значних

Національний університет водного господарства та природокористування

джерел утворення стічних вод на нафтопромислах відносяться експлуатаційні свердловини (промивка піщаних пробок, змиви площадок при ремонтних роботах), компресорні і дизельні станції (охолодження сорочок компресорів і двигунів), головний вузол нафтопроводу з нафтонасосною станцією і резервуарами, трубні бази, гаражі, майстерні.

Кількість стічних вод нафтопромислів значною мірою визначається кількістю пластових вод. Усереднена витрата стічних вод на 1 т нафти, що добувається, без врахування пластових вод, складає 0,3 м^3 у тому числі 0,24 м^3 від установок підготовки нафти. При середній обводненості сирої нафти 30% загальна кількість забруднених стічних вод від родовища дебітом 3 млн. т нафти в рік складає приблизно 10 тис. м^3 на добу.

Кількість стічних вод, м^3/доб, від окремих об'єктів на нафтопромислах складає: свердловина (промивка) – 200; установка термохімічного зневоднювання нафти на 1 млн.т/рік – 150 – 250; центральні пункти підготовки нафти (зневоднювання, знесолювання і стабілізація): на 1 млн. т/рік – 425, на 3 млн. т/рік – 1000, на 9 млн. т/рік – 2700; компресорна на чотири робочі агрегати (при водообороті) – 100 – 250; резервуари для промивки об'ємом до 10 тис. м^3 – 36, до 30 тис. м^3 – 72 тощо.

На основі аналізу стічних вод ряду нафтопромислів нижче приводиться концентрація їхніх забруднень:

Концентрація, г/л:		Концентрація, мг/л:	
мінералізація	15 – 180	Сірководень	25 – 420
Cl^-	4 – 124	Бром	0 – 250
Ca^{2+}	4 – 23	Йод	0 – 25
Mg^{2+}	2 – 7	ПАВ	30 – 150[13]
SO_4^{2-}	0,5 – 5	Густина води, г/см^3	1,006 – 1,15
HCO^{3-}	0 – 0,9	*pH*	6,2–8,7
$Fe^{3+,2+}$	0,01 – 0,15	механічні домішки	0,15 – 11,5
		нафта	0,1 – 5

Вміст заліза в стічній воді може підвищуватися внаслідок її корозійної активності, у результаті чого руйнується метал труб і устаткування. У стоці також зберігається невеликий обсяг залишкових газоподібних вуглеводнів.

Нафтобази входять у спеціальну систему збереження і транспортування нафти і нафтопродуктів. Вони розділяються в основному на перевалочні і розподільчі (табл..10.5). Перші призначені для перевантаження значних кількостей нафти і нафтопродуктів з одного виду транспорту на інший (наприклад, із трубопровідного на водний або з водного на залізничний), інші використовуються для постачання споживачів різними нафтопродуктами.

Об'єктами водовідведення на нафтобазах є технологічні насосні станції (охолодження двигунів), резервуари для нафтопродуктів, зливоналивні

[13] Застосування НЧК (нейтралізований чорний контакт) не враховується

Національний університет водного господарства та природокористування

естакади, маслорегенераційні установки (змив бочок) та ін. З території нафтобаз також надходять забруднені дощові води.

На перевалочних нафтобазах, пов'язаних з обслуговуванням танкерів, як правило, передбачається прийом забруднених баластових вод (забортні води, що завантажуються для стійкості судна в суміші з залишками нафтопродуктів). Можливе також надходження стоків з танкерів, забруднених емульсіями дизельного палива і механічних домішок.

Таблиця 10.5

Питома кількість стічних вод на 1 т нафти або нафтопродуктів

Тип нафтобази	Пропускна здатність по нафтопроводах	Кількість стічної води, $м^3$ на 1 т нафтопродуктів
Перевалочна:		
Залізнична	5000 – 10000	0,045 – 0,04
Водна	1000 – 5000	0,05 – 0,045
Розподільча:		
Залізнична	30 – 60	0,07 – 0,06
водно-залізнична	30 – 60	0,035 – 0,03

Примітка: При надходженні з танкерів баластових вод кількість їх приймається в розмірі 30 – 40% обсягу нафтопродуктів, що відправляються з бази водним шляхом.

Стічні води нафтобаз забруднені механічними домішками в межах 100 – 500 мг/л, нафтопродуктами – 0,5 – 15 г/л, мінеральними солями – до 200 – 450 мг/л, тетраетилсвинцем – до 0,002 мг/л (при наявності етильованого бензину); *БПК* відстояної води 40 – 50 мг O_2/л тощо.

Відведення, очищення і використання стічних вод нафтопромислів. Найбільш поширене використання стічних вод нафтопромислів у системах заводнення для підтримки тиску в продуктивних пластах з метою забезпечення їх нафтовіддачі.

Очищення стічних вод перед їхнім закачуванням через нагнітальні свердловини в нафтоносний шар зводиться переважно до видалення із них плаваючої і емульсованої нафти (розчинена нафта практично не впливає на приймальну здатність свердловин), видаленню механічних домішок і заліза. Припустимий залишковий вміст згаданих компонентів нормується в залежності від колекторських властивостей шару. В основному він коливається для твердих завислих речовин у межах 5 – 30 мг/л, нафтопродуктів в – 5 – 50 мг/л, заліза в окисній формі – 1 – 2 мг/л. Водоприймальна здатність нафтоносного пласту також є непостійною (650 – 400 при тиску 10МПа – 4 МПа) і залежить від ряду факторів найважливішим з яких є місце розташування родовища.

Підготовка нафтопромислових стічних вод для закачування в пласт відбувається в даний час у відкритих, закритих або напівзакритих системах водовідведення [10].

Національний університет водного господарства та природокористування

У перших стічна вода, що рухається самопливом по мережі і очисних спорудах, входить у контакт з атмосферним повітрям, що призводить до зміни *pH*, підвищення корозійної активності води, окислювання закисного заліза, яке міститься в ній, а також сприяє збільшенню загазованості навколишнього середовища. Однак ці системи дозволяють сумісно очищати різні види нафтомістких вод, включаючи і поверхневі.

Згаданих недоліків позбавлені закриті системи, у яких відокремлену з обводненої сирої нафти воду пропускають через очисні споруди, нагнітальних свердловинах без контакту з атмосферним повітрям. При транспортуванні стічної води використовується залишковий тиск після установок підготовки нафти.

Напівзакриті системи являють собою комбінацію з елементів відкритих і закритих систем.

До складу закритих систем для очищення нафтопромислових вод входять наступні споруди: горизонтальний напірний відстійник на приплив води впродовж 2 год; дегазатор (час дегазації 10 – 15 хв.); напірні піщані фільтри (швидкість фільтруванні – 5 м/год); безнапірний резервуар-відстійник на 3 – 4 – годинне прибування виробничо-зливової води; напірна ємність очищеної води і резервуар-відстійник, забрудненої промивної води після фільтрів. Вода з напірної ємності далі закачується в продуктивні шари. Відстояна забруднена промивна вода подається на напірні фільтри.

При вмісті у вихідній воді в середньому 5 г/л нафтопродуктів і 150 мг/л механічних домішок їхня залишкова концентрація після очищення складає відповідно 30 – 40 і 25 – 30 мг/л.

Відкриті системи – найрозповсюдженіші на нафтопромислах – можуть включати очисні споруди різного типу. Пластові і виробничо-зливові води (в суміші) після пісколовки і прийомного резервуару підкачуються в резервуар-відстійник, що розраховується на приплив стічної води впродовж 8 – 12 год, звідки вона направляється у флотатори [7,10].

У камеру змішування перед флотатором надходить рециркуляційна вода (50% припливу), що насичується повітрям, ежектованим у всмоктувальний трубопровід циркуляційного насосу (тиск 0,3 – 0,4 МПа). В окремих випадках при флотації не виключене застосування реагентів (сірчанокислий алюміній). Нафта, що спливає у флотаторі (піна), видаляється. Очищена вода направляється в систему заводнення.

При цьому забезпечується зниження вмісту у воді нафти з 2 – 5 г/л до 80 – 120 мг/л після резервуарів-відстійників і до 15 – 40 мг/л після флотаторів. Вміст механічних домішок знижується з 0,3 – 1 г/л до 30 – 40 і 10 – 20 мг/л і заліза з 100 – 150 до 20 – 25 і 2,5 – 3 мг/л

У відкритих і напівзакритих системах водовідведення на нафтопромислах знаходять також застосування нафтовловлювачі різних видів, ставки-відстійники, піщані фільтри, нагромаджувачі для осаду, резервуари різного призначення та ін.

У деяких нафтопромислових районах доцільна сумісна підготовка для цілей заводнення сірководневих і залізовмісних вод. У цьому випадку сірководень

Національний університет водного господарства та природокористування

нейтралізується закисним залізом. Утворені пластівці сірчистого заліза адсорбуються емульсованою нафтою, що сприяє очищенню води.

У тих порівняно рідких випадках, коли по геологічних умовах нафтового родовища високо мінералізовані стічні води не можуть бути спрямовані в продуктивні шари або коли в перший період експлуатації родовища забезпечується високий дебіт нафтових свердловин без накачування води, стічні води можуть бути спрямовані в глибокі поглинаючі горизонти. Таке рішення може виявитися виправданим і при необхідності дорогого очищення води, а також при використанні пластових вод для одержання брому і йоду.

В усіх випадках система накачування стічної води в поглинаючі горизонти повинна мати відповідні техніко-економічні обґрунтування. Її також необхідно погодити з органами нагляду.

Відповідно до вимог з охорони навколишнього середовища, скид очищених стічних вод нафтопромислів у відкриті водотоки, як правило, не повинен допускатися.

Очищення стічних вод нафтобаз. Ступінь очищення і склад очисних споруд стічних вод визначаються потужністю і типом нафтобаз (перевалочна, розподільна), місцем скидання стічних під (безпосередньо у море, ріку або на каналізаційні очисні споруди промислового вузла або міста), а також місцевими умовами.

Очищення стічних вод морських перевалочних нафтобаз передбачається за наступною схемою (рис. 10.14). Виробничо-зливові води власне нафтобази надходять у свої буферні резервуари, де впродовж 8 – 12 год. відбувається їхнє усереднення за кількістю і відбирається основний обсяг нафтопродуктів. При цьому частина проясненої води може використовуватися на місцеві потреби, наприклад для змиву наливних естакад. У буферні резервуари приймаються також баластові і підсланеві води в кількості, що відповідає разовій подачі їх з найбільш великих танкерів. Баластові води потім рівномірно впродовж 10 – 15 діб (відповідає часу між підходом танкерів) разом з виробничо-зливовими водами направляються для наступного очищення на установку напірної флотації. Остання працює з 50%-ною рециркуляцією води з ежектуванням повітря через всмоктувальний трубопровід циркуляційного насоса. Перед флотатором вводиться сірчанокислий алюміній (20…50 мг/л). Очищена вода по глибоководному випуску може бути спрямована в море (рис. 10.14, 10.15).

Якщо за місцевими умовами або з техніко-економічних причин таке рішення неможливе, то більш глибока очищення стічних вод досягається наступним їх біологічним очищенням за аналогією з біологічним очищенням стічних вод нафтопереробних заводів або фізико-хімічним очищенням.

До складу очисних споруд нафтобази входять також резервуари-дегідратори і обробні резервуари для вловлених нафтопродуктів, насосні станції різного призначення, шламонакопичувач, приймальні камери і ін. [10].

Вміст нафтопродуктів у стічній воді складає, мг/л: після буферних резервуарів – 50 – 100; після флотаторів – 20 – 25; після фільтрів – 10 – 15; після озонаторів першого ступеня – 5 – 7 і другого ступеня – 2 – 3. Зниження

Національний університет водного господарства та природокористування

$БПК_{20}$ забезпечується з 300 до 8 – 10 мг O_2/л.

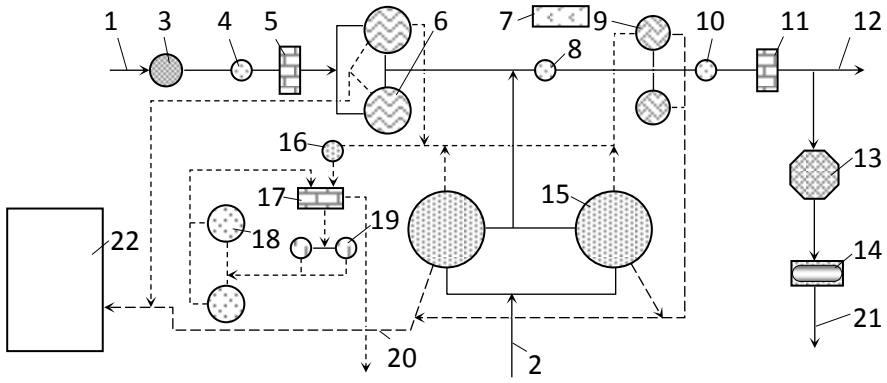


Рис. 10.14. Схема каналізаційних очисних споруд перевалочної нафтобази:
1 – виробничо-дощові стічні води; 2 – баластові води танкерів; 3 – піскоуловлювач: 4 – приймальні резервуари; 5 – насосна станція; 6 – резервуари-відстійники; 7 – реагентне господарство; 8 – камера змішування; 9 – флотатори; 10 – прийомний резервуар; 11 – станція підкачування води і рециркуляції; 12 – випуск у водойму (варіант); 13 – напірний фільтр; 14 – озонаторна установка; 15 – буферні резервуари баластових вод; 16 – прийомний резервуар обводнених нафтопродуктів; 17 – нафтонасосна станція; 18 – обробні резервуари; 19 – дегідратори; 20 – повернення вловлених нафтопродуктів; 21 – випуск у водойму; 22 – шламопакопичувач

Національний університет водного господарства та природокористування

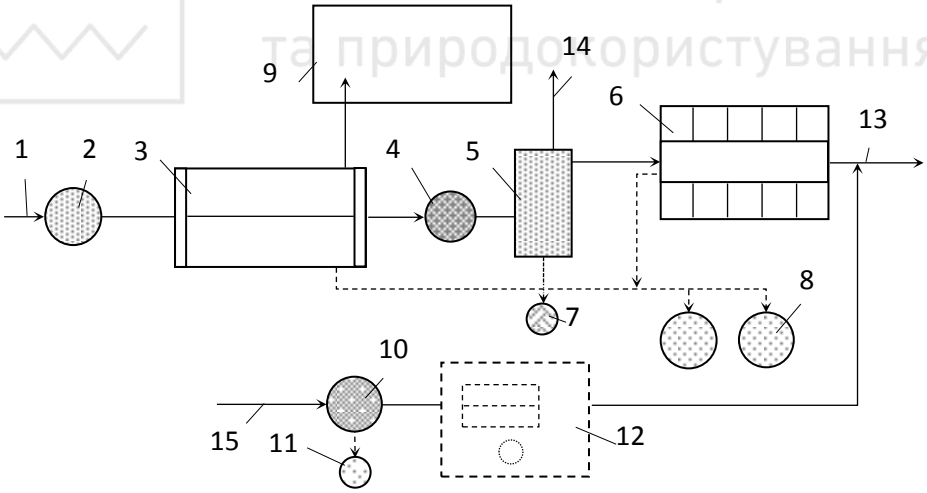


Рис. 10.15. Схема очищення стічних вод розподільної нафтобази:
1 – виробничо-дощові стічні води; 2 – пісколовки; 3 – нафтовловлювач; 4 – прийомний резервуар; 5 – насосна станція для стічних вод і нафтопродуктів; 6 – фільтри (або флотаційна установка); 7 – прийомний резервуар нафтопродуктів; 8 – обробні резервуари; 9 – шламонакопичувач; 10 – бензовловлювач; 11 – збірник етильованого бензину; 12 – установка знешкодження води від тетраетилсвинцю; 13 – відвід очищеної води; 14 – повернення вловлених нафтопродуктів; 15 – надходження стічної води, що містить етильований бензин

На розподільних нафтобазах в якості споруд для відстоювання води найчастіше застосовуються нафто- і бензиновловлювачі, а також відстійні ставки.

Знешкодження стічних вод, що містять тетраетилсвинець (при наявності етильованого бензину), відбувається шляхом обробки води хлором або озоном або ж методом екстракції бензином.

10.6.4. Очищення стічних вод підприємств гумової промисловості

Гумова промисловість поєднує заводи шинні, шиноремонтні, гумових технічних виробів (ГТВ) і регенератні. Виробничі стічні води на шинних заводах утворюються при протраві вентилів гумових камер, на ділянках готування просочених складів, при промиванні апаратури, на шиноремонтних заводах – при мийці автопокришок, які надходять у ремонт, на заводах гумових технічних виробів – при промивці апаратури, при відкритому охолодженні виробів, від установки безперервної вулканізації в розплавах солей, на регенераторних заводах – при мийці зношених покришок, що надходять у переробку, від вібросит, від віджимних машин тощо.

У цілому стічні води підприємств гумової промисловості характеризуються відносно невеликими витратами і ступенем забруднення. Виробничі забруднені стічні води після попереднього очищення в цехах на локальних установках відводять у міську каналізацію. Виробничі незабруднені стічні води, що утворюються при мийці автопокришок, охолодженні устаткування, гуми і виробів з неї, відводять у систему промислового оборотного водопостачання або у водостік [10].

Від ділянки протрави вентилів шинних заводів скидаються забруднені стічні води в кількості 0,0001 м^3 на умовну шину (маса умовної шини 30 кг).

Концентрація забруднення в стічних водах від промивних ванн, г/л:

Кислота	2,5
Хлористе залізо	до 5
Сірчанокисле залізо	до 5

Для нейтралізації стічні води пропускають через камеру реакції і відстійник. У камеру реакції подають луг, дозування якого здійснюють за допомогою мірника. Повноту нейтралізації контролює автоматичний *pH*-метр, показання якого виводяться на щит керування.

На шинних заводах від ділянок приготування просочувальних розчинів і ванн просочення скидаються стічні води, забруднені латексом, у кількості 0,001 м^3 на одну умовну шину. Крім того, в аварійних ситуаціях у випадку желатинування просочувальних складів при тривалій зупинці кордної лінії (2 – 3 доб) можливе скидання стічних вод з ванн ємністю 1 м^3 1 раз у тиждень, а скидання промивних вод від апаратури 1 раз на місяць.

На заводах ГТВ кількість забруднених стічних вод при виготовленні виробів із латексу досягає 40 – 45 м^3 на 1 т виробів. Концентрація забруднень у стічних водах сягає, г/л:

Національний університет водного господарства та природокористування

Мила різні	до 0,1
Хлористий кальцій	до 5
Латекс	10 – 30
Прискорювачі вулканізації	0,03
Наповнювачі (сажа)	0,2

Стічні води, забруднені латексом, піддають відстоюванню з коагуляцією в горизонтальних відстійниках і фільтруванню через неактивоване деревне вугілля або деревні стружки. В якості коагулянту застосовують сульфат алюмінію з розрахунку 200 мг на 1 г латексу.

Розрахункові параметри горизонтальних відстійників:

Тривалість відстоювання, год	до 3
Швидкість руху рідини, мм/с	1 – 1,5
Глибина проточної частини відстійників, м	1,2

Передбачається механізоване видалення осаду і локалізованого на поверхні дзеркала води латексу. Розрахункові параметри фільтрів:

Висота фільтруючого шару, м	1
Крупність фільтруючого шару, мм	5 – 8
Висота підтримуючого шару, м	0,2
Крупність завантаження, мм	50 – 80
Швидкість фільтрування, м/год	1,5

Фільтруючий шар фільтрів змінюють у міру забруднення (1 раз у тиждень). Осад і латекс вивозять на спеціально відведені місця або спалюють.

На шинних заводах від *ділянок відкритого охолодження* гуми в стічних водах міститься 3 – 8 мг/л тальку. Величина питомих витрат складає – 0,2 – 0,3м^3 па одну умовну шину.

На шиноремонтних і регенератних заводах від ділянок мийки автопокришок скидаються стічні води, що містять до 500 мг/л твердих механічних домішок; *БПК*$_{20}$ 5 – 30 мг O_2/л. Для їх очищення передбачають механізоване видалення осаду. У відстійники влаштовують напівзаглиблені перегородки на вході і виході з пристроєм для видалення плаваючих домішок. Осад вивозять на спеціально відведені місця за узгодженням з органами санітарного нагляду.

На регенератних заводах від вібросит і віджимних машин при переробці зношених покришок методом диспергування скидаються стічні води в кількості 20 м^3 на 1 т регенерату.

Стічні води характеризуються наступними показниками:

Концентрація забруднень, мг/л:

натрієві (калієві) мила смоляних та жирних кислот	до 15
сульфат натрію	до 2000
крихти регенератора	до 20
pH	6 – 7
ХПК, мг O_2/мг натрієвого (калієвого) мила	2,1
БПК, мг O_2/мг натрієвого (калієвого) мила	1,2

Стічні води перед скиданням у побутову каналізаційну мережу піддаються відстоюванню в горизонтальних відстійниках, у яких затримується крихта регенерату. Розрахункові параметри відстійника аналогічні приведеним для стічних вод, що утворюються при мийці автопокришок.

Концентрація мила у відстояних водах складає 200 мг/л; при розбавленні цих вод побутовими в співвідношенні 1 до 2 при подальшому спільному очищенні забезпечується повне його окислювання.

На заводах ГТВ з промивних ванн латуніровочних автоматів скидаються стічні води, що містять – 40 – 70 г/л лугів і 15 – 20 г/л соляної кислоти. Кількість стічних вод на 1 т продукції (формові і неформові деталі) 40 – 50 м^3.

Кислі і лужні стічні води направляють в усереднювачі ємністю, рівною добовому надходженню стічних вод. Перемішування стічних вод в усереднювачах відбувається стисненим повітрям. Витрата повітря 0,5 м^3/хв на 1 м^3 стоків. Для вирівнювання концентрації в окремих камерах їх обладнують автоматичними *pH*-метрами, зблокованими із запірною арматурою усереднювача.

На заводах ГТВ від установок безперервної вулканізації в розплавах солей після промивання виробів скидаються стічні води, що містять 0,25 г/л нітратів і 1,2 г/л нітритів. Кількість стічних вод на 1 т гумових сумішей 20 – 25 м^3.

Ці стоки скидають, як правило, у мережу побутової каналізації без очищення, оскільки вони розбавляються заводськими стоками і вміст солей у них не перевищує допустимого для відводу на споруди біологічного очищення.

10.6.5. Очищення стічних вод підприємств мікробіологічної промисловості і підприємств з виробництва лікарських препаратів

Підприємства мікробіологічної промисловості. Підприємства мікробіологічного промисловості випускають різноманітну продукцію (амінокислоти, білкові речовини, ферменти, бактеріальні препарати та ін.) для різних галузей народного господарства [26]. До основних видів продукції, одержуваної в процесі мікробіологічного синтезу, відносяться вирощені на різних субстратах (парафінах, природному газі, етанолі, метанолі) кормові дріжджі, ферментні препарати – біологічні каталізатори і кормові добавки, засоби захисту рослин та антибіотики немедичного призначення, амінокислоти, використовувані як кормові добавки.

Технологічні процеси одержання багатьох продуктів мікробіологічного синтезу мало відрізняються один від одного і в основному складаються з двох операцій: ферментації (вирощування) та виділення готового продукту.

Принципова схема одержання продуктів мікробіологічного синтезу показана на рис. 10.16. На I стадії у ферментер, що забезпечує ефективне перемішування і постійну температуру, при якій розвиваються мікроорганізми, завантажується основне середовище, що включає необхідну кількість живильних солей для розвитку мікроорганізмів. Потім це середовище засівають мікроорганізмами при безперервній подачі субстрату, на якому

розвиваються і вирощуються мікроорганізми. З ферментера виділяється біомаса, що у залежності від призначення піддається обробці різними методами, включаючи фільтрацію, ультрафільтрацію, сепарування, центрифугування, розпарювання, сушіння та ін. [10].

Вирощування мікроорганізмів відбувається у водному середовищі при аеруванні, при цьому вода забруднюється органічними і мінеральними речовинами.

На підприємствах мікробіологічного промисловості стічні води утворюються при виділенні і згущенні біомаси, продувці систем оборотного водопостачання, промиванні устаткування, трубопроводів і підлог, мокрому очищенню газоповітряних викидів, у цехах допоміжного призначення (ремонтно-механічні майстерні, гаражі і т.д.). Вода, що циркулює в системах оборотного водопостачання, не має контакту з продуктом, температура її не перевищує 30 – 35°С.

Стічні води, які утворюються при виділенні і згущенні біомаси, промиванні устаткування, трубопроводів і підлог, очищенні газоповітряних викидів, направляються в мережу виробничої каналізації після попередньої нейтралізації до $pH = 7 – 7{,}5$.

Через нерівномірність припливу стічних вод і можливих коливань концентрації забруднень виробничі стічні води перед подачею на очисні споруди необхідно усереднювати за витратами і концентраціями. Коефіцієнти нерівномірності витрат і концентрацій виробничих стічних вод обумовлюються графіками ведення технологічного процесу і промиванням устаткування.

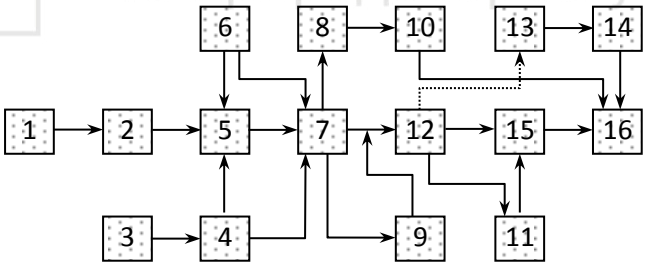


Рис. 10.16. Принципова схема одержання продуктів мікробіологічного синтезу:
1 – чиста культура; 2 – одержання посівного матеріалу; 3 – приготування живильного середовища 4 – стерилізація; 5 – вирощування посівного матеріалу в інокуляторах; 6 – стерильне повітря; 7 – ферментація; 8 – управління; 9 – сепарація; 10, 14, 15 – сушіння; 11 – біомаса; 12 – фільтрування; 13 – осадження; 16 – готовий продукт (ферментні препарати, бактеріальні препарати, амінокислоти, антибіотики та ін.)

Стічні води виробництва бактеріальних препаратів перед скиданням у каналізацію додатково повинні піддаватися інактивації (усуненню активних властивостей бактеріального середовища).

Схеми очищення стічних вод підприємств мікробіологічного промисловості звичайно передбачають: 1) механічне очищення на піскоуловлювачах, первинних відстійниках і флотаторах; 2) біологічне очищення (в одно- або

Національний університет водного господарства та природокористування

двоступінчастих аеротенках); 3) доочищення від біогенних елементів (при скиданні очищених стічних вод у водойму).

Розрахункові параметри механічного очищення стічних вод виробництва білково-вітамінних концентратів (БВК)

Час відстоювання в первинних відстійниках, год	2,5 – 3
Ефект прояснення, %	40 – 60
Ефект очищення за ефіроозчинними речовинам, %	60 – 70
Вологість утворюваного осаду, %	98

Для відстоювання використовують первинні відстійники, обладнані пристроями збору спливаючих речовин по всьому дзеркалу відстійника.

Біологічне очищення стічних вод виробництва БВК двоступінчате. У якості аеротенків I ступеня використовують змішувачі з регенераторами, у якості аеротенків II ступеня – витискувачі. Біологічне очищення на II ступені здійснюється без регенерації активного мулу. Основні розрахункові показники біологічного очищення приведені в табл. 10.6. Біологічно очищена вода після двоступінчастого очищення може використовуватися для зрошення систем газоочищення.

Осад первинних відстійників, що складається в основному з білкових речовин (15 – 30 г/л) і вуглеводнів (10 – 12 г/л), може утилізуватися безпосередньо у виробництві білково-вітамінного концентрату (БВК) або піддаватися обробці разом з надлишковим активним мулом. Обробка йде за схемою: сепарація – термічна обробка – розпарювання – сушіння. Мулова рідина утилізується у виробництві.

Національний університет водного господарства та природокористування

Таблиця 10.6

Показники біологічного очищення стічних вод виробництва БВК

Показники	Значення показників на ступені очищення	
	I	II
$БПК_{повн}$ очищеної води, мг O_2/л	200 – 400	15 – 20
Окислювальна плтужність, г $БПК_{повн}$/(м^3×доб)	1400 – 2000	200 – 300
Витрата повітря (дрібнобульбашкова аерація), м^3/кг $БПК_{повн}$	50 – 70	100
Об'єм регенератора, % об'єму аеротенка	30 – 50	–
Приріст надлишкового активного мулу, $БПК_{повн}$	0,5 – 0,7	0,1 – 0,2
Зольність активного мулу, %	20 – 12	25 – 30
Доза мулу, г/л	3 – 4	1,5 – 2
Час відстоювання, год	1,5	2,5
Ступінь рециркуляції активного мулу, % до стоку	До 100	До 100

Схема очищення стічних вод виробництв амінокислот і бактеріальних препаратів складається з пісколовок, аеротенків-змішувачів I ступеня, аеротенків II ступеня, фільтрів. Основні розрахункові параметри I ступеня біологічного очищення приведені в табл. 10.7.

Таблиця 10.7

Основні розрахункові параметри 1 ступеня біологічного очищення стічних вод виробництв амінокислот і бактеріальних препаратів

Показники	Значення показників стічних вод підприємства	
	амінокислот	бактеріальних препаратів
Період аерації, год	72	8 – 24
Концентрація активного мулу, г/л	3 – 4	1 – 3,3
Приріст мулу, г сухої речовини/г *БПК*	0,3 – 0,5	0,1 – 0,65
Окислювальна здатність, г($м^3$·доб)	300 – 500	300 – 900
Тривалість відстоювання, год	2	2
Витрата повітря, $м^3$/кг *БПК*	80 – 90	80 – 90

Примітка. Тривалість періоду аерації і значення окисної потужності повинні уточнюватися експериментально.

Аеротенки II ступеня виконують функцію нітри-денітрифікаторів. В якості джерела вуглецю використовуються неочищені стічні води в кількості до 25%. Тривалість перебування стічних вод у нітри-денітрифікаторі сягає 32 год.

Підприємства з виробництва лікарських препаратів. Лікарські препарати отримують головним чином шляхом органічного синтезу або в результаті мікробіологічних процесів.

Розрізняють наступні групи лікарських препаратів: антибіотики, вітаміни, синтетичні лікарські засоби, фітохімічні (з рослинної сировини) і органопрепарати (із тваринної сировини).

Стічні води підприємств з виробництва лікарських препаратів утворюються [10,26]:

- при підготовці сировини;
- у технологічних процесах отримання проміжних і готових продуктів;
- при регенерації й утилізації розчинників;
- при водному очищенні газових викидів;
- у процесах фільтрування, екстракції, хімічного очищення препаратів;
- при промиванні устаткування і т. д.

Значна частина сировини, напівпродуктів, розчинників виробництва лікарських препаратів не входить до складу цих препаратів, тобто являє собою відходи. У ряді випадків нормована кількість відходів у багато разів перевищує кількість готового продукту. Наприклад, при одержанні 1 кг мономіцину утвориться 43,8 кг стічної води (табл..10.8, 10.9).

Найбільше забруднення властиве маточним і концентрованим розчинам, скидання яких у каналізацію неприпустиме. Зокрема, концентрований розчин, що утворюється при виробництві амідопірина, характеризується *ХПК*, рівною 64000 мг O_2/л, сухим залишком – 40000 мг/л, порогом розведення для

Національний університет водного господарства та природокористування

знищення окраски – 1:250.

Таблиця 10.8

Кількість виробничих стічних вод при одержанні деяких лікарських препаратів

Вид продукції	Середньорічна кількість стічних вод, $м^3$ на 1 т продукції
Вітаміни:	
С	66
B_2	898
B_6	4230
Окситетрациклін	5430
Тетрациклін	6460
Олеандоміцин	9860
Канаміцин	18250
Неоміцин	21900
Мономіцин	43800
Левоміцетин	10000
Теобромін	1900
Амідопірин	1400
Сульфодиметоксин	9800

Таблиця 10.9.

Характеристика стічних вод при виробництві деяких лікарських препаратів

Концентрація забруднень, мг/л:	Виробництво антибіотиків	Виробництво вітамінів
Завислі речовини	300 – 3000	2000 – 23000
Сульфати	500 – 1700	5000 – 35000
Хлориди	350 – 2000	3000 – 33000
ХПК, мг О/л	5000 – 12000	25000 – 275000
$БПК_{повн}$, мг O_2/л	1800 – 6000	15000 – 110000

Номенклатура і кількість продуктів, що випускає підприємство з виробництва лікарських препаратів, як правило, не є постійною, а змінюється впродовж року і навіть у більш короткий термін, тому неможливо установити склад стічних вод, який був би постійним і характерним для даного підприємства в цілому.

Очищення стічних вод. Стічні води підприємств з виробництва лікарських препаратів підлягають насамперед локальній обробці з метою видалення і регенерації цінної сировини. Локальна обробка стічних вод на стадіях технологічного процесу (зазвичай фізико-хімічними методами) повинна сприяти також вилученню зі стічних вод (перед їх наступним біологічним очищенням) хімічних речовин, які не піддаються біологічному окислюванню і гальмуючих окислювання інших компонентів.

Зазвичай вважають допустимим такий склад органічних забруднень у стічних водах перед їх біологічним очищенням, при якому після нього

Національний університет водного господарства та природокористування

відношення *ХПК* очищених стоків до їх $БПК_{повн}$ не перевищує 10.

При неможливості вилучення забруднень такі стічні води піддають термічному знешкодженню.

Усереднювач 1 зі примусовим перемішуванням води (зниження *БПК* при усередненні до 10%) має об'єм, розрахований на нагромадження добового припливу стоків (рис.10.17).

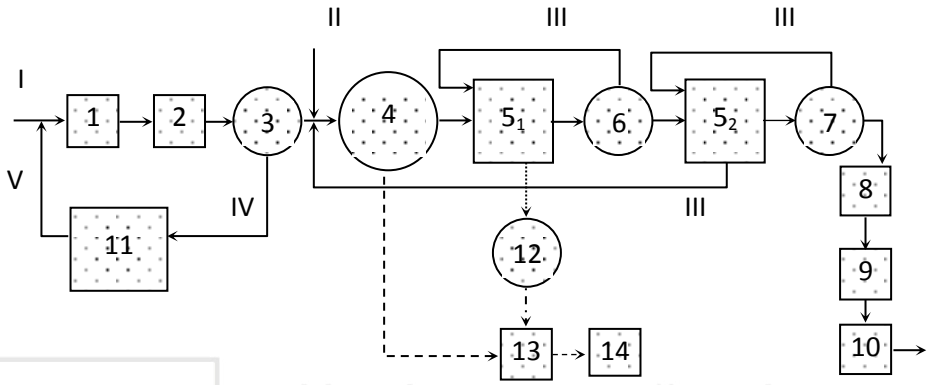


Рис. 10.17. Схема очищення стічних вод підприємств виробництва лікарських препаратів: 1 – усереднювач; 2 – реагентне господарство; 3 – шламовий відстійник; 4 – біокоагулятор; 5_1 – аеротенк I ступеня; 5_2 – аеротенк II ступеня; 6 – вторинний відстійник; 7 – третинний відстійник; 8 – установка знезаражування; 9 – фільтри піщані; 10 – фільтри вугільні; 11 – шламові майданчики (шламонакопичувач); 12 – флотатор мулу; 13 – установка зневоднювання мулу; 14 – установка термічного знешкодження мулу; I – трубопровід стоків; II – побутові води підприємства, міста; Ш – мулопровід; IV – шламопровід; V – надшламові води

Реагентне господарство, відстійник для прояснення стоків і шламові майданчики призначені для нейтралізації і коагуляції стічних вод з наступним їх відстоюванням і складуванням шламів на шламових площадках або шламонакопичувачах. Орієнтовно очікувана вологість шламів після багаторічного збереження й ущільнення в шламонакопичувачах становить 55%. В якості реагенту використовується вапно. Об'єм шламу становить близько 15% об'єму стоків при їх вологості 98 – 99%. Навіть після багаторічного зберігання шлам не рекомендується використовувати в народному господарстві.

У якості біокоагулянта використовується регенерований надлишковий активний мул аеротенка II ступеня.

Аеротенки I і II ступеня 5_1 і 5_2 (витискувачі з регенераторами) включені в схему в зв'язку з високим значенням *БПК* стічних вод, а також зміною швидкості окислювання забруднень у широких межах через значні коливання кількості стічних вод і забруднень. Об'єм регенераторів складає від 35 – 85% загального об'єму аеротенків. Кількість аераторів приймається з розрахунку відношення площі аерації до площі аеротенка в межах 0,3 – 0,5.

Національний університет водного господарства та природокористування

Розрахункові параметри аеротенків

Швидкість окислення, мг $БПК_{повн}$ на 1 г беззольної речовини на 1 год. при вихідній $БПК_{повн}$ стічних вод від 500 до 1000 мг O_2/л	10 – 30
Зниження $БПК_{повн}$ в I ступені аеротенка, % вихідної $БПК_{повн}$	не менше 70
Дози мулу, г/л, для процесу:	
аерації	1,5
регенерації	4
Зольність мулу, %	35
Приріст мулу на кожному ступені $БПК_{повн}$	0,15 – 0,4

Для боротьби з піноутворенням в аеротенках можна використовувати хімічний піногасник пропінол Б-400 у концентрації 0,002%, що не викликає погіршення показників процесу очищення.

Фільтри з активованим вугіллям установлені на станції глибокого доочищення води. Технологічні параметри їх приймають на підставі експериментальних даних.

Флотатор призначений для ущільнення надлишкового активного мулу, подаваного безпосередньо з аеротенків I і II ступенів. Кількість розчиненого повітря на флотацію – 5л на 1 кг твердої фази.

При флотації мул ущільнюється до вологості 95% при муловому індексі до 110 мл/г.

Склад споруд у кожному окремому випадку підлягає уточненню в залежності від якості стічних вод і необхідного ефекту очищення. Очищена вода може бути використана для технічних цілей

10.6.6. Очищення стічних вод промивочно-пропарювальних станції залізничних цистерн

На промивочно-пропарювальних станціях (ППС) відбувається підготовка цистерн під нафту, нафтопродукти та інші рідкі вантажі. Промиванню водою або миючим розчином температурою 60 – 90°С, іноді з попереднім пропарюванням для розігріву і видалення залишку, піддається близько 50% усіх порожніх цистерн. Промивання здійснюється механізованим шляхом під тиском до 2 МПа [10].

Витрата промивної води на цистерну 2 – 10 $м^3$, тривалість промивання від 10 до 40 хвилин у залежності від виду і кількості залишку.

На усіх ППС промивна вода використовується повторно з проміжним відстоюванням або флотацією і наступним підігрівом паром.

У воді після промивки міститься багато дрібноемульгованих часток, концентрація яких може досягати 1000 мг/л. Крім того, у воду попадають феноли, луги й інші завислі, розчинені і плаваючі речовини. Встановлено нормативи якості оборотної води, використовуваної для промивки:

Концентрація забруднень,	*мг/л:*
завислі речовини	до 400
ефіррозчинні	» 800

сухий залишок	» 5000
феноли	» 50
pH	не нижче 6,5

При необхідності використання для промивки цистерн морської води сухий залишок не нормується.

Приведені норми показують, що вимоги до оборотної води ППС нижчі порівняно з іншими виробництвами, що дозволяє спростити схему очищення (рис.10.18).

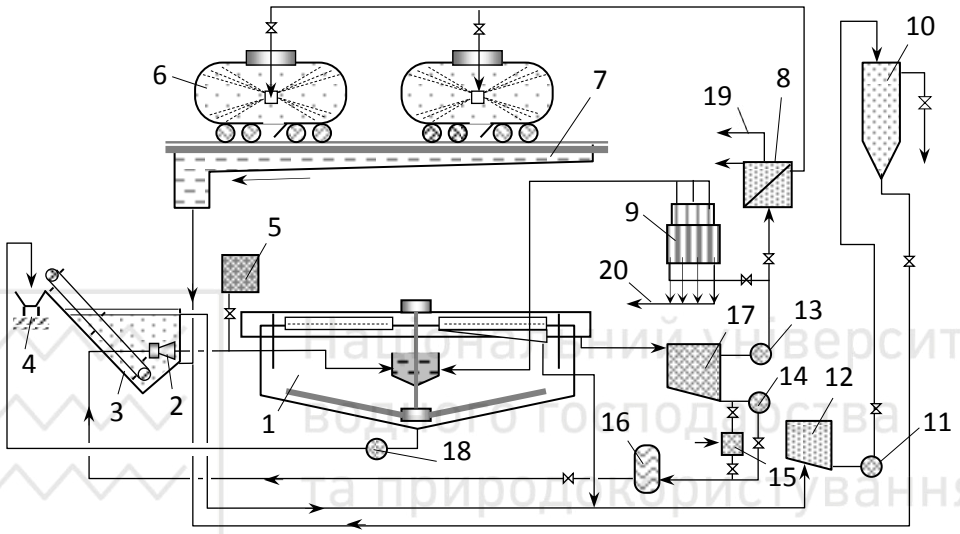


Рис. 10.18. Схема очисних споруд для промивочно-пропарювальні станції:
1 – флотатор-відстійник; 2 – гідроелеватор; 3 – механізована пісколовка; 4 – контейнер; 5 – дозатор коагулянту; 6 – цистерна, що промивається**; 7** – міжрельсовий стік; 8 – підігрівач зворотної води; 9 – ультрафільтраційна установка; 10 – обробний резервуар; 11 – нафтонасос; 12 – нафтозбірник; 13 – промивний насос; 14 – рециркуляційний насос; 15 – повітряний ежектор; 16 – напірний бак; 17 – проміжний резервуар; 18 – шламовий насос; 19 – пара; 20 – очищена вода

Максимальна витрата води на ППС досягає 200 – 300 м^3/год, а кількість стічної води, з врахуванням конденсації пари, складає 200 – 600 м^3/доб.

Основна споруда очищення стоків – флотатор-відстійник – має вигляд резервуару діаметром 6 – 10 м і глибиною 3 м, у центрі якого розташований коаксіально-козирьковий водорозподільник. По осі останнього проходить вертикальний вал, який приводить у рух лопати і донні шкребки для збору відповідно флотованих нафтопродуктів і суспензії, що осіла на дно. По внутрішньому колу відстійника розташовано піноутримуючу перегородку, а зовні по його периметру розташовано кільцевий водозлив з лотком для збору і відводу очищеної води.

По радіусу флотатора-відстійника на 2 – 3 см вище рівня води встановлено піскозбірний жолоб, з якого піна видаляється трубою в нафтозбірник і далі надходить на зневоднювання в резервуар. Осад відкачується з приямка

насосом у пересувний контейнер.

Стічна вода разом зі стоками із пісколовки подається в нижню частину водорозподільника. Як правило, очищення ведеться без застосування коагулянту, однак при сильному забрудненні води передбачається її обробка сірчанокислим алюмінієм дозою 100 – 200 мг/л

Рециркуляційна система флотаційної установки включає насос, напірний бак і повітряний ежектор. Проектують її такою ж, як і для звичайних флотаторів, приймаючи подачу насоса рівною 20 – 50% витрати стічної води при тиску 0,4 – 0,5 МПа. Для забезпечення нормальних умов роботи насоса гарячої води його розташовують у шахті глибиною 1,5 – 2 м.

Пісковловлювач розраховують на 1 – 3-хвилинне перебування води.

Очищена у флотаторі-відстійнику вода подається насосом через підігрівач для промивки цистерн. Надлишок води доочищають озонуванням і фільтруванням або на ультрафільтраційній установці, після чого вода використовується в котельні для покриття втрат пари і конденсату.

10.6.7. Очищення стічних вод заводів текстильної промисловості

До текстильної промисловості відносяться підприємства, що виготовляють бавовняну, лляну, вовняну і шовкову пряжу і тканини з натуральних і хімічних волокон і їхніх сумішей. До складу підприємств входять прядильні, крутильні, ткацькі і фарбувальні виробництва. Стічні води утворюються при фарбуванні волокна і пряжі, шліхтуванні пряжі (посиленні її міцності клеючими речовинами), хімічній обробці волокнистих матеріалів, обробці тканин і т.д.

Стічні води містять домішки, що забруднюють волокно, реагенти, препарати, відходи синтетичних ПАВ і барвників та інші нерозчинні речовини (табл..10.9). Стічні води фарбувальних цехів містять складний комплекс нерозчинних органічних і мінеральних домішок, колоїдів і розчинів. Вода має інтенсивну окраску; *pH* 6 – 12.

Таблиця 10.9

Характеристика стічних вод підприємств текстильної промисловості

Вид тканин	Кількість забруднених стічних вод, кг на 1 т продукції				
	Реагенти		ПАВ	Фарби	Інші нерозчинні речовини і волокно
	Неорганічні	Органічні			
Бавовняні	90	20	10	6	100
Льняні	95	25	15	5	120
Камвольно-суконні	100	30	35	8	100
Шовкові	65	35	16	7	85

В залежності від виду виробництва, типів тканин, технологічних процесів їх виготовлення кількість стічних вод на підприємствах текстильної промисловості сягає 4 – 350 м^3 на 1 т продукції

На стадії попереднього очищення стічних вод передбачають виділення з них волокна, усереднення припливу і складу, зниження концентрації

Національний університет водного господарства та природокористування

забруднень, що лімітують наступне очищення. Потім стічні води направляють на станцію біологічного очищення міських стічних вод. На ряді підприємств для виділення волокна зі стічних вод використовують грати з вічками 6 мм. Для кращого вилучення волокон систему каналізації підприємств слід оснастити механізованими волокно вловлювачами [10].

Усереднення стічних вод здійснюється в горизонтальних (двохсекційних) відкритих усереднювачах з перемішуванням води стисненим повітрям. Для наступного очищення стічних вод, з огляду на присутність в них синтетичних ПАВ, в основному застосовують метод напірної флотації з коагуляцією стічної води сульфатом алюмінію або хлорним залізом дозою 250 – 300 мг/л за активною речовиною.

Розрахункові параметри флотаційних установок

Тиск насичення води повітрям, МПа	0,35 – 0,45
Тривалість, хв:	
насичення повітрям	5
флотації	30
Спосіб збирання піни	скребковими механізмами
Ефект очищення стічних вод, %:	
зниження інтенсивності кольору	75
» *ХПК*	55
» концентрації:	
ПАВ	70
завислих речовин	до 80

Національний університет водного господарства та природокористування

Конденсат флотаційної піни випарюється в апаратах із зануреними газовими пальниками.

На 1000 м^3 стічних вод утворюється 20 – 40 м^3 конденсату піни або 0,25 – 0,5 м^3 кубового залишку після випарювання. Останній має вигляд незагниваючої пасти з *ХПК* приблизно 125 мг O_2/л, що направляється на спалювання.

Іншим методом очищення стічних вод є реагентний (деструктивний) метод. Усереднені стічні води підкисляються сірчаною кислотою, входять у контакт зі сталевою стружкою, нейтралізуються та прояснюються.

Розрахункові параметри споруд

Витрата сталевої стружки (знемасленої та очищеної), кг/м^3	0,3
Витрата 100%-ної сірчаної кислоти, кг/м^3	1
Тривалість контакту стружки з підкисленою водою, год	1 – 2
Витрата вапна по CaO, кг/м^3	3
Тривалість відстоювання, год	1,5 – 2
Ефект очищення стічних вод, %:	
зниження інтенсивності кольору	95
зниження *ХПК*	70
зниження концентрації:	
ПАВ	до 70
завислих речовин	60
Концентрація заліза в очищеній воді, мг/л	0,8 – 5
Кількість утвореного осаду, кг/м^3	60 – 100

Національний університет водного господарства та природокористування

Вологість осаду, %	99
Спосіб зневоднювання осаду після гравітаційного ущільнення впродовж 10 – 12 год	центрифугування

Досвід експлуатації станцій аерації в містах з розвиненою промисловістю показав достатню надійність і економічність сумісного очищення міських і виробничих стічних вод підприємств текстильної промисловості. Ступінь і глибина попереднього очищення виробничих стічних вод у кожному окремому випадку визначається в залежності від умов розбавлення останніх.

10.6.8. Хутрові фабрики

На хутрових фабриках виробляють різноманітне хутро: кроля, ондатри, нутрії, видри, соболя, песця тощо. Хутряний напівфабрикат зазнає хімічної, фізико-хімічної та механічної обробки партіями або поштучно. Увесь технологічний процес вичинки поділяють на дві частини: операції сировинного цеху та операції фарбувального цеху [16].

У сировинному цеху здійснюють відмочування, міздріння, пікелювання, дублення. Ці операції супроводжуються утворенням стічних вод, забруднених білковими речовинами, жирами, хромом, ПАР, кислотами, органічними та мінеральними механічними домішками. Питома витрата стічних вод у сировинному цеху становить 120 – 160 м^3 на 1 т напівфабрикату.

У фарбувальному цеху здійснюють уморіння, протравлення, фарбування, соління. В каналізацію надходять стічні води, забруднені різноманітними барвниками, хромом, кислотами та лугами, ПАР, органічними речовинами і механічними домішками. Питома витрата стічних вод у фарбувалькому цеху становить 240 – 250 м^3 на 1 т сировини, що оброблюється.

Усі стічні води фабрики поділяють на дві категорії: 1) стічні води, що вміщують хром, до складу яких входять всі скиди сировинного (без відмочування) і води від протравлення фарбувального цехів; 2) забарвлені стічні води, до яких входять води фарбувального цеху (без протравних) і води від операції відмочування. Склад цих стічних вод наведений у табл. 10.10.

Таблиця 10.10

Склад стічних вод хутрових фабрик

Забруднювач	Концентрація, мг/л	
	Стічні води, що вміщують хром	Забарвлені стічні води
Завислі речовини	500 – 2500	100 – 800
Хром (три- та шестивалентний)	10 – 60	–
ПАР	40 – 110	20 – 100
ХПК	2500 – 7000	100 – 3000
pH	3,5 – 5,1	5,8 – 6,8
Забарвлення за розбавленням	–	1:20 – 1:100

Із таблиці видно, що стічні води хутрових фабрик мають великі

концентрації забруднень, які ще збільшуються внаслідок залпового скидання забруднювачів. Існуюча на ряді фабрик технологія очищення полягає в реагентній обробці стічних вод, які вміщують хром, за допомогою залізного купоросу, кислоти та вапна для перетворення шестивалентного хрому на тривалентний та утворення гідроокисів і в подальшому відстоюванні їх у вертикальних відстійниках разом із забарвленими водами. Ця технологія не забезпечує високого ефекту очищення за такими показниками, як жири, ПАР, завісі, забарвлення, і відрізняється великим об'ємом осаду.

В НУВГП [16] розроблено ряд технологічних схем очищення стічних вод хутрових фабрик.

У одній із запропонованих технологічних схем використовується метод електрокоагуляції-флотації. Схемою передбачається обробка стічних вод, які вміщують хром, сірчанокислим залізом і вапном з метою коагуляції, а потім відстоювання їх разом із усередненими забарвленими водами. Прояснені стічні води спрямовують на доочищення в камеру електрокоагуляції-флотації, а потім – на пінополістирольні фільтри. Електрокоагулятори-флотатори можна використовувати і для основного очищення, якщо не передбачати попередню коагуляцію стічних вод, які вміщують хром. Це призводить до значного збільшення витрат електроенергії та металу електродів (табл. 10.11). Дещо будуть відрізнятися і результати обробки стічних вод в електрокоагуляторі-флотаторі (табл. 10.12) [10].

Таблиця 10.11

Електричні параметри електрокоагуляції-флотації в різних режимах роботи

Показник	У режимі очищення	У режимі доочищення
Витрата електроенергії, кВт·год/м^3	1,0	0,5
Витрата струму, А·год/м^3	300	100
Густина струму, А/м^2	50	20
Витрата металу електродів, мг/л	300	100

Тривалість перебування стічних вод у камері реакції – 15 хв, в усереднювачі – 4 – 6 год, у камері електрокоагуляції – 5 – 7 хв, у камері флотації – 30 – 40 хв.

Нижче наведено параметри для конструювання і розробки регламенту експлуатації фільтрів з плаваючим фільтруючим шаром:

Швидкість фільтрування	6 – 8 м/год
Діаметр гранул фільтрувального шару	1 – 2 мм
Висота шару фільтрувального шару	0,7 – 0,8 м
Тривалість фільтроциклу	8 – 10 год
Тривалість промивки	4 – 5 хв
Інтенсивність промивки	16 л/(с×м^2)
Розширення шару під час промивання	0,6 – 0,7 м

Основне призначення фільтрів полягає у захисній дії на випадок проскакування забруднень. Стічна вода після фільтрів містить 80 – 120 мг/л

Національний університет водного господарства та природокористування

завислих речовин, 7 – 10 мг/л ПАР, 0,2 – 0,5 мг/л хрому.

Таблиця 10.12

Очищення стічних вод хутрових фабрик електрокоагуляцією-флотацією

Показник забруднення	Режим очищення			Режим доочищення		
	Концентрація забруднень, мг/л		Ефект очищення, %	Концентрація забруднень, мг/л		Ефект очищення, %
	на вході	на виході		на вході	на виході	
Завислі речовини	1985	229	88,5	1023	219	78,6
Хром	23	0,76	96,7	4,4	0,9	79,6
Залізо	–	0,8	–	3,05	1,4	–
ПАР	57,5	22,2	61,4	24,6	10,1	59
ХПК	4300	1590	63,9	2980	1915	36
Забарвлення за розбавленням	1:15 – 1:50	1:2 – 1:7	–	1:3 – 1:16	1:1 – 1:6	–

Осад із відстійників у кількості 2 – 4% обробленої води і шлам із флотаційної камери в кількості 1% з вологістю 95% спрямовують на механічне зневоднення і потім у відвал.

Інша схема очищення стічних вод хутрових фабрик, яка наведена на рис. 10.19, передбачає тільки реагентну обробку стічних вод із двоступінчастим флотаційним проясненням.

Національний університет водного господарства та природокористування

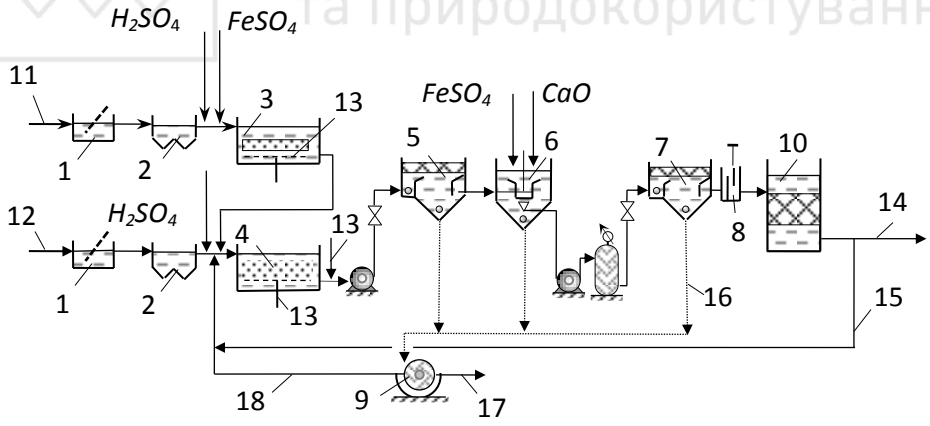


Рис. 10.19. Схема очищення стічних вод хутряної фабрики:
1 – грати; 2 – пісковловлювачі; 3 – усереднювач-реактор стічних вод, що містять хром; 4 – усереднювач-реактор змішаних стічних вод; 5 – безнапірна флотаційна установка; 6 – камера реакції; 7 – напірна флотаційна установка; 8 – збірник очищеної води; 9 – вакуум-фільтр; 10 – фільтр з плаваючим фільтруючим шаром; 11 – стічні води, що містять хром; 12 – забарвлені стічні води; 13 – повітря; 14 – випуск; 15 – промивна вода; 16 – шлами і осад; 17 – кек на вивіз; 18 – фільтрат

В усереднювач для стічних вод, які вміщують хром, подають сірчанокисле залізо в якості відновника шестивалентного хрому і в кількості, яка відповідає

концентрації шестивалентного хрому, та сірчану кислоту – для зниження та коректування *pH* у межах 2,5 – 3,0. В усереднювач забарвлених вод подають сірчану кислоту для підтримування *pH* 4,0 – 4,5 з метою коагулювання білкових сполук і часткового знебарвлення. Після цього суміш стічних вод прояснюють безнапірною флотацією і спрямовують у камеру коагуляції, де обробляють вапном для перетворення сполук заліза на гідроксид і його коагуляції. У камеру реакції також подають сірчанокисле залізо для коректування його дози з метою поліпшити коагулювання.

Продукти коагуляції відокремлюють на установці напірної флотації, після чого воду пропускають крізь фільтри з плаваючим фільтруючим шаром. Зміна складу стічних вод за етапами очищення показана в табл. 10.13.

Таблиця 10.13

Зміна складу стічних вод хутрової фабрики за етапами очищення

Показник забруднення	На вході	Після безнапірної флотації	Після напірної флотації	Після фільтрів
Завислі речовини (з урахуванням коагуляції), мг/л	2500	1300	130	60
Хром, мг/л	105	90	10	2,0
СПАР, мг/л	120	70	20	15
Барвник, мг/л	40	20	10	4,0
Жири, масла, мг/л	350	50	5,0	2,0
$БПК_{повн}$, мг/л	2000	1200	900	800

10.6.9. Джерела утворення і методи очищення стічних вод підприємств рибної промисловості

Об'єктами каналізування в рибній промисловості є рибообробні підприємства: комбінати рибної гастрономії, консервні, коптильні заводи, заводи засолу риби, ікряні і мідійні цехи.

Виробничі стічні води підприємств рибної промисловості розділяються на забруднені і незабруднені (від охолодження компресорів, конденсаторів холодоагенту й іншого технологічного устаткування).

Виробничі забруднені стічні води утворюються:

- при розморожуванні, засолі, обробленні і мийці риби;
- при митті устаткування, підлог і стін виробничих приміщень.

Відомості щодо характеристики стічних вод підприємств рибної промисловості наведено в табл. 10.14,10.15.

Добова витрата незабруднених виробничих стічних вод при прямоточній системі охолодження і скиданні в море складає орієнтовно 1 – 1,2 $м^3$ на 1 т продукції.

При спуску виробничих стічних вод у міську каналізацію застосовують локальне очищення. В якості локальних споруд попереднього механічного очищення використовують ґрати, пісковловлювачі, відстійники, флотаційні

установки (табл.. 10.16). В разі глибокого очищення стоків їх, після певного обґрунтування, доцільно використовувати в технологічних процесах суміжних виробництв.

Таблиця 10.14

Кількість виробничих стічних вод підприємств рибної промисловості

Вид підприємства	Кількість стічних вод, $м^3$ на 1 т продукції	Коефіцієнт часової нерівномірності
Рибокомбінат (рибопереробний)	16	1,6 – 1,8
Рибоконсервний завод	10 – 32*	1,6 – 2
Рибокоптильний завод	16,5	1,6 – 2,5
Кулінарний завод	26	1,6 – 2,5
Завод дообробки і посолу риби	3 – 8	1,1 – 1,3
Рибомучний завод	2**	1 – 1,2

* На 1 тис. умовних банок консервів.

** На 1 т сировини.

Таблиця 10.15

Характеристика стічних вод підприємств рибної промисловості

Показникі	Значення показників для підприємств			
	Рибокомбінат (рибопереробний)	Рибоконсервний завод	Рибокоптильний завод	Рибомучний завод
Температура у зимовий період, °С	12	12	12	12
Концентрація забруднень, мг/л:				
Завислі речовини	850	1200	1100	2800
у тому числі				
леткі	600	1000	770	2320
жири	500	800	400	1900
фосфор (P_2O_3)	10	9	23	72
азот загальний	60	34	47	224
амонійний	20	31	10	31
ХПК, мг O_2/л	1650	2000	1800	3300
$БПК_{повн}$, мг O_2/л	1170	1300	1100	2200
pH	7	7	7,7	6,3

Таблиця 10.16

Зниження концентрації забруднень, %,

Назва параметру	Технологічні прийоми очищення	
	за напірної флотації	за флотації із застосуванням імпелерних машин:
Завислі речовини	75	80
$БПК_{повн}$	45	50
Жири	95	90

Національний університет водного господарства та природокористування

При продуктивності станцій більше 400 м^3/доб для відстоювання рекомендуються прояснювачі з природною аерацією.

Флотаційні установки доцільно застосовувати компресійного типу або із застосуванням імпелерних машин. При напірній флотації вода насичується повітрям у напірному резервуарі. Повітря подається від компресора. Допускається також інжектування повітря через всмоктувальну лінію насоса, що підкачує воду на флотацію.

Для біологічного очищення виробничих стічних вод підприємств рибної промисловості доцільно застосовувати біотенки (аеротенки із низьконапірною аерацією і затопленим пластмасовим шаром) при $БПК_{повн}$ більше 1000 мг/л; аеротенків при $БПК_{повн}$ до 1000 мг/л. Ступінь очищення води по $БПК_{повн}$ до 20 – 25 мг/л.

10.7. Технологічні схеми глибокого очищення стічних вод

10.7.1. Очищення стічних з застосуванням технології їх сорбційного та іонообмінного кондиціювання

Досвід показує, що в економічному та екологічному відношенні доцільніше створювати системи замкнутого оборотного водопостачання (тобто системи, що працюють без продувки) на основі повторного використання глибоко очищених і частково знесолених стічних вод. Коригування сольового складу стічних вод обмежується пом'якшенням вапном і дозволяє лише частково знизити карбонатну та магнієву жорсткість. Для більш глибокого очищення стоків використовують технології їх сорбційного та іонообмінного кондиціювання [10].

Стічні води, що пройшли механічне та біологічне очищення, надходить на хімічну обробку для видалення сполук фосфору та азоту (рис.10.20). Необхідність видалення цих сполук зумовлена тим, що вони сприяють евтрофікації водойм, біологічному обростанню систем водопостачання промислових підприємств. Видалення біогенних елементів проводиться у кілька етапів. На першому етапі в результаті обробки стічних вод вапном у кількості до 0,4 кг/м^3 в сильнолужному середовищі (при *pH* 11), досягається зниження вмісту у воді сполук фосфору на 87–90%. Потім на градирні проводиться віддувка розчиненого у воді аміаку, ефективність видалення якого коливається від 30 до 90% в залежності від температури повітря і води, *pH* середовища і гідравлічного навантаження на градирню [13].

Після градирні вода піддається рекарбонізації димовими газами в контактному резервуарі, в результаті цього реакція води стає нейтральною і з води осідає карбонат кальцію та частково основний карбонат магнію, тобто відбувається пом'якшення води. Далі вода спрямовується на зернисті фільтри для вилучення завислих речовин, потім надходить в адсорбційні апарати з рухомим шаром активного вугілля (табл..10.20). На цьому завершальному етапі з води вилучаються розчинені органічні забруднення залишкових концентрацій.

Для адсорбційного очищення стічних вод на різних установках крім

Національний університет водного господарства та природокористування

апаратів з рухомим шаром використовуються апарати з нерухомим шаром та цілі комплекси споруд з очищення води порошкоподібним активованим вугіллям. Природно, застосування того чи іншого виду апаратурного оформлення адсорбційного процесу, як і методу регенерації відпрацьованого активованого вугілля, може вносити певні зміни в послідовність окремих технологічних операцій (наприклад, при використанні апаратів з розрідженим шаром, або у випадку застосування порошкоподібного вугілля), однак в цілому технологічна схема глибокого очищення стічних вод не зазнає істотних змін.

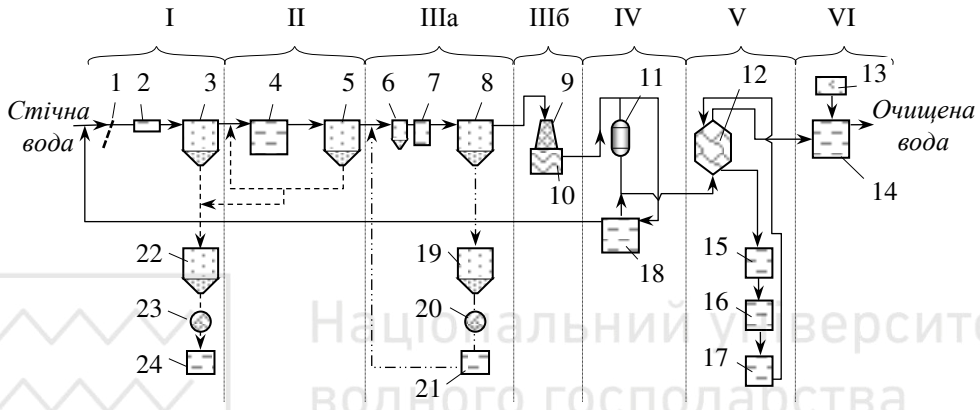


Рис.10.20. Технологічна схема очищення води і обробки осаду:
I – механічне очищення; II – біологічне очищення; III – хімічне очищення (IIIa – видалення фосфору, IIIб – видалення азоту); IV – фільтрування; V – адсорбційне очищення; VI – хлорування; 1 – бармінутор, 2 – лоток Паршаля, 3 – первинні відстійники, 4 – аеротенки, 5 – вторинні відстійники; 6 – камера реакції, 7 – камера флокуляції, 8 – відстійник, 9 – градирня, 10 – установка рекарбонізації з контактним резервуаром, 11 – напірні багатошарові фільтри, 12 – адсорбер, 13 – хлораторна установка, 14 – контактний резервуар; 15 – резервуар для зневоднювання вугілля, 16 – піч регенерації, 17 – резервуар для охолодження регенерованого вугілля; 18 – прояснювач промивних вод, 19 – ущільнювач вапняного осаду, 20 – центрифуга, 21 – піч регенерації вапна, 22 – ущільнювач пилу, 23 – центрифуга, 24 – піч спалювання осаду

Залежно від якості свіжої води, що надходить в систему водопостачання, підтримують мінералізацію оборотної води на заданому рівні і забезпечують таким чином її термостабільність, або запобігають підвищенню загального солевмісту в оборотній воді продувкою системи, тобто скиданням частини зворотної води у водойми. Ці води виявляються суттєво забрудненими, тому їх скид навіть після спеціальних очисних споруд підлягає особливому контролю.

Відмовитися від продувного скиду води з оборотних систем і тим самим перетворити систему оборотного водопостачання в замкнуту, а також отримати технічну воду, придатну для будь-яких виробничих потреб, дозволяють адсорбційно-іонообмінні установки доочищення стічних вод [13].

Безвідходність процесу підготовки води з біологічно очищених стічних вод забезпечується багаторазовою термічною регенерацією активованого вугілля та використанням для регенерації іонообмінних смол концентрованих

Національний університет водного господарства та природокористування

розчинів азотної кислоти і аміаку або розбавлених розчинів сірчаної кислоти і їдкого натру (рис.10.21).

Таблиця 10.20

Ефективність доочищення стічних вод на установках з адсорбційними апаратами

Показники якості води	Вода, що надходить на очищення	Вода після очищення
pH	6,5–7,8	6,5–7,8
Завислі речовини, г/м^3	15–30	0,9–1,0
БПК, мг O_2/м^3	30–80	1,0–2,0
ХПК, мг O_2/м^3	60–140	10–20
Загальний солевміст, г/м^3	700–1300	700–1300
Нітрати в перерахунку на азот, г/м^3	25–35	0,5–1,0
Фосфати в перерахунку на PO_3^{4-}, г/м	61,5–76,5	0,18–0,61
Бактерії (*Coli*) (число в 100 мл)	$150 \cdot 10^3$ –$200 \cdot 10^3$	2–4

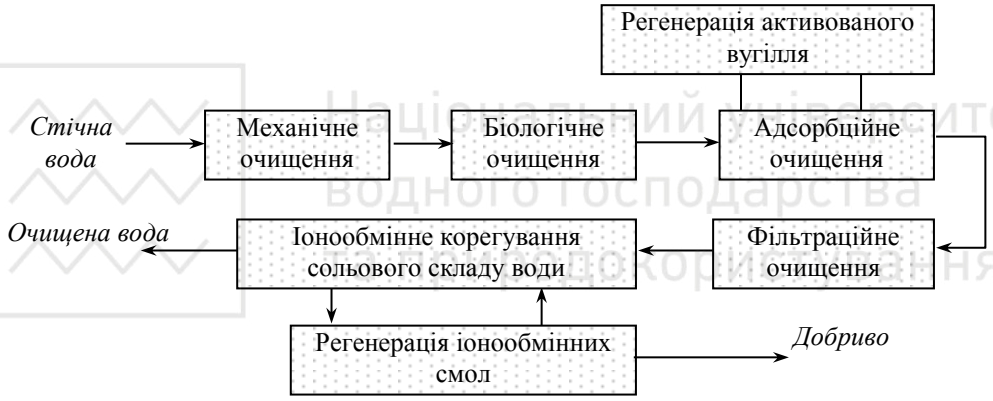


Рис. 10.21. Технологічна схема адсорбційно-іонообмінної установки доочищення стічних вод

На рис.10.22 показана схема адсорбційного доочищення біологічно очищених стічних вод. Забруднені стічні води, які є сумішшю біологічно очищених і слабо мінералізованих промислових стічних вод, з буферного ставка по напірних водоводах надходять у прийомні резервуари. З резервуарів стічна вода насосами подається в адсорбційні апарати, рівномірно розподіляється по площі колони і проходить через шар активованого вугілля, підтримуючи його в завислому стані.

В якості адсорбенту в установці використовується активований антрацит з частинками розміром 0,2–1,0 мм і ефективною питомою поверхнею до 800 м^2/г. Швидкість руху висхідного потоку рідини, необхідної для утримання частинок адсорбенту в завислому стані, сягає 13–15 м/год, що дозволяє при діаметрі адсорбційного апарату 3,0 м проводити очищення з продуктивністю установки 120–135 м^3/год.

Вода, що виходить з апарату, виносить із собою пил активованого вугілля

Національний університет водного господарства та природокористування

(частки менше 0,1 мм) у кількості, що не перевищує 2–3% від дози введеного адсорбенту. Тому після адсорбційних апаратів вода надходить у відстійник, розрахований на осадження частинок більше 50 мкм, а потім фільтрується через швидкі багатошарові напірні фільтри, завантажені антрацитом (1,0–3,0 мм) і кварцовим піском (0,8–1,2 мм).

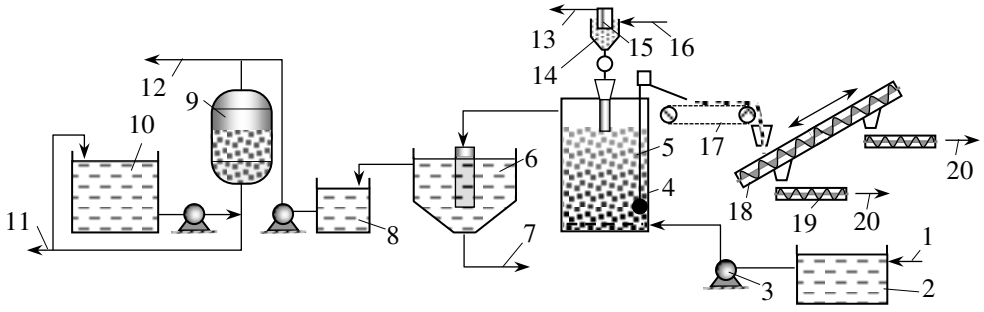


Рис. 10.22. Технологічна схема адсорбційного очищення стічних вод:
1 – подача стічної води, 2 – приймальний резервуар, 3 – насос, 4 – адсорбер, 5 – ерліфт, 6 – відстійник, 7 – подача осаду на спалювання, 8 – приймальний резервуар проясненої води, 9 – швидкий багатошаровий фільтр, 10 – резервуар промивної води, 11 – трубопровід очищеної води, 12 – відведення промивної води, 13 – повітропровід до вакуум-насоса, 14 – завантажувальний бункер активованого вугілля, 15 – рукавні фільтри, 16 – лінія транспорту активного вугілля, 17 – стрічковий вакуум-транспортер, 18 – реверсивний транспортер, 19 – шнековий живильник: 20 – подача вугілля на регенерацію

Фільтрат із вмістом завислих речовин менше 5–8 г/м^3 направляється на установку іонообмінного знесолення, а відпрацьований активований антрацит відділяється від води на стрічкових вакуум-фільтрах до 20–25%-ної вологості і шнеками подається в піч для термічної регенерації.

Коригування сольового складу стічної води після адсорбційної очищення досягається послідовним H^+ – катіонуванням і OH^- – аніонуванням води (рис. 10.23).

Для видалення вільного діоксиду вуглецю з H^+-катіонованої води служать дегазатори, завантажені кільцями Рашига, які працюють в умовах протитоку води і повітря.

Досвід експлуатації іонообмінної установки показав, що динамічна ємність іонообмінних смол залишається практично незмінною навіть при швидкості фільтрування води до 20 м/год [13].

Питома витрата повітря, що подається в нижню частину дегазатора, становить 20–22 м^3 на 1 м^3 оброблюваної води. При цьому дегазатор забезпечує практично повне видалення діоксиду вуглецю. Фільтрування декатіонованої води через OH^- – аніонітові фільтри при одноступінчастій схемі демінералізації води зумовлюють зниження pH знесоленої води нижче 6,5. Очищена вода характеризується наступними санітарними показниками: титр *Coli* і ентерокока 10, ентеровіруси і кишкові бактерії відсутні в об'ємі 10 мл, що дозволяє подавати очищену воду в систему оборотного водопостачання

Національний університет водного господарства та природокористування

без додаткового знезараження її хлором (табл..10.21) [14].

На станціях значних потужностей ($Q \geq 1000$ м^3/год) доцільно застосовувати порошкоподібне активоване вугілля з частинками розміром <0,2 мм. Оскільки кінетика адсорбції залежить від квадрата радіусу частинок, перехід до порошкоподібного вугілля дозволяє значно скоротити необхідний час контакту води з адсорбентом і відповідно зменшити об'єм адсорбційних споруд.

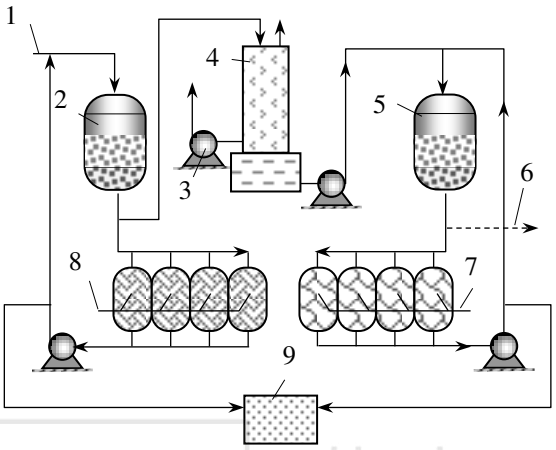


Рис. 10.23. Технологічна схема знесолення доочищених стічних вод: 1 – трубопровід подачі доочищених стічних вод, 2 – *H*-катіонітовий фільтр, 3 – вентилятор, 4 – дегазатор, 5 – *OH*-аніонітовий фільтр, 6 – відведення знесоленої води, 7 – збірники регенерованих розчинів аміаку, 8 – збірники регенерованих розчинів азотної кислоти, 9 – установка отримання змішаних мінеральних добрив.

Національний університет водного господарства та природокористування

Таблиця 10.21.

Ефективність очищення стічних вод на адсорбційно-іонообмінних установках

Показник якості води	Вода, що надходить на установку	Вода після очищення
pH	7,8–9,6	6,8–7,5
Завислі речовини, г/м^3	18–37	Сліди
ХПК, г O_2/м^3	35–50	4–13
Загальний солевміст, г/м^3	1300–2300	500–680
Твердість води, г·екв/м$^{3:}$		
загальна	7,5–8,5	0,6–0,9
карбонатна	4,7–5,8	0,4–0,7
Вміст катіонів та аніонів, г/м$^{3:}$		
натрій і калій	280–820	до 350
хлориди	420–1250	до 500
сульфати	240–380	10–20
фосфати $(PO_4)^{3-}$	6,7–13,5	0,2–0,5
аміак і солі амонію (у перерахунку на аміак)	2,8–8,8	1,3–4,85

Застосування активованого порошкоподібного вугілля вимагає використання багатоступінчастої установки, що працює в режимі протитоку. Найбільш насичений забрудненнями адсорбент видаляється з першого по руху води блоку, зневоднюється на центрифузі і спрямовується на регенерацію.

[14] Колі-індекс – кількість кишкових паличок, що виявляється на 1 л рідини.
Колі-титр – найменша кількість рідини, виражена в мілілітрах, в якій виявляються кишкові палички.

Очевидно, що при використанні порошкоподібних адсорбентів повністю очищена вода повинна звільнятися від вугільного пилу шляхом її фільтрування в зернистому фільтрі.

Адсорбційний вузол схеми доочищення біологічно очищених стічних вод може відрізнятися і методом регенерації активованого вугілля.

Іонообмінний вузол схеми в залежності від необхідної глибини знесолення може включати один або два ступені H^+ – катіонування води і один або два ступені OH^- – аніонування. В останньому випадку досягається практично повне розділення катіонів жорсткості та іонів лужних металів, а також аніонів сульфатів і хлоридів між іонообмінними фільтрами і забезпечується зниження солевмісту в очищеній стічній воді до 10–15 г/м$^{3.}$

10.7.2. Технологічні схеми очищення стічних вод від ПАР, барвників та інших речовин

Стічні води текстильних підприємств, забруднені поверхнево-активними речовинами (ПАР), барвниками та іншими реагентами, не можуть подаватися на біологічне очищення, оскільки при аерації їх у біологічних очисних спорудах ПАР викликають сильне спінювання, що порушує режим роботи аеротенків. До того ж, багато ПАР при біологічному очищенні зазнають лише неглибоких перетворень [10].

В практиці очищення стічних вод застосовують методи рідкофазного окислення органічних сполук киснем повітря при аеруванні. При такому окисленні можливе зниження *ХПК* стічної води на 80–85% при початковій величині 160–200 г O_2/м^3 і повне знебарвлення стічної води. З метою інтенсифікації процесу аерацію проводять в присутності каталізаторів або ініціаторів окислення. В якості ініціаторів окислення в літературі згадуються сталеві кулі, алюмінієві циліндри, горіла порода. У результаті такої обробки *ХПК* стічної води в ряді випадків знижується на 90% при початковій концентрації забруднень 1 кг/м^3 [13].

В якості каталізаторів окислення важкоокислюваних органічних сполук можуть бути використані гранульовані високопористі сорбенти, зокрема, активоване вугілля або іонообмінні смоли.

Для збільшення ефекту очищення стічних вод киснем повітря на пористі сорбенти (Al_2O_3 і активоване вугілля) можуть бути нанесені каталізатори (*Fe, Co, Ru, Cu, Pt* та їх оксиди). Процес ведуть при 100–370°С і досить високому тиску.

У технологічних схемах, розроблених в Інституті колоїдної хімії та хімії води ім. Думанського, використаний низькотемпературний режим регенерації вугілля, модифікованого каталітичними добавками (оксидами тривалентного металу). Втрати вугілля при такому способі регенерації складають 2–5% від його початкової маси.

На рис. 10.24 представлена технологічна схема очищення стічних вод від суміші ПАР і барвників з застосуванням методу флотосорбції. Стічні води текстильної фабрики направляються в усереднювач, орієнтовний час

перебування води в якому складає 4–6 год. Одночасно з надходженням стічних вод в усереднювач дозується 10%-ний розчин сульфату заліза та розчин катіонного ПАР (КПАР).

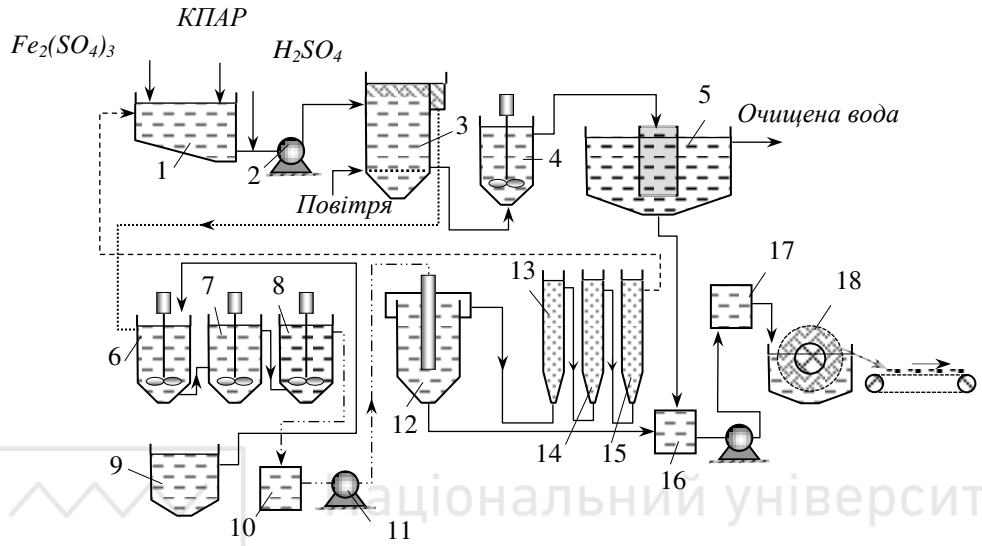


Рис 10.24. Принципова технологічна схема флотосорбційного очищення від ПАР і барвників із використанням порошкоподібного активного вугілля:
1 – усереднювач, 2 – насос, 3 – пінний флотатор, 4 – реактор-нейтралізатор, 5 – відстійник, 6, 7 і 8 – реактори з лопатевими мішалками, 9, 10, 16, 17 – ємність, 11 – насос, 12 – відстійник, 13, 14 і 15 – швидкі фільтри, 18 – вакуум-фільтр

Інтенсивність барботажу повітря у флотаторі становить від 9 до 21 $м^3/(м^2 \cdot год)$ при тривалості флотації 30–40 хв. Залишкова концентрація ПАР в очищеній воді становить 20–25 $г/м^3$, барвників 60–70 $г/м^3$. Концентрація ПАР у флотоконденсаті (рідина, що утворилася при руйнуванні піни) становить 1200–1500 $г/м^3$. Об'єм флотоконденсату 5–7% від об'єму очищеної стічної води.

Флотоконденсат направляється в реактори з лопатевими мішалками 6, 7 і 8, де обробляється пилоподібним активованим вугіллям, яке подається з ємності 9. Доза активованого вугілля 12 $кг/м^3$. Після обробки активованим вугіллям вміст ПАР в флотоконденсаті знижується до 300 $г/м^3$. Пилоподібне активоване вугілля відділяється у відстійнику. У прояснені воді концентрація завислих часток становить 0,5–1 $кг/м^3$. Прояснення води до залишкового вмісту вугілля 10–20 $г/м^3$ здійснюється на швидких фільтрах 13, 14 і 15 при швидкості фільтрування близько 30 $м^3/(м^2 \cdot год)$. Очищений і прояснений піноконденсат перекачується в усереднювач.

Очищена у флотаторі стічна вода з концентрацією ПАР 20–25 мг/л, направляється в реактор-нейтралізатор 4, куди дозується 10%-не вапняне молоко до *pH* 8–9. Витрата вапна (у перерахунку на *CaO*) складає 0,4–0,7

кг/м^3. З реактора-нейтралізатора вода поступає у відстійник 5 для осадження пластівців оксигідрату заліза. Залишкова концентрація ПАР у воді становить 6–10 г/м^3. Осад з відстійника з вологістю 95–97% шламовими насосами направляється через ємності 16 і 17 разом із суспензією вугільного пилу на вакуум-фільтр 18.

Більш глибоке очищення стічних вод від ПАР і барвників досягається у технологічній схемі, що включає після пінної сепарації фільтрування води через шар модифікованого каталізатором активованого вугілля.

На практиці застосовують не тільки пилоподібне вугілля, але і гранульоване. При цьому гранульоване вугілля служить фільтруючим матеріалом зернистих фільтрів.

10.7.3. Технологічна схема адсорбційного очищення стічних вод хлорорганічних виробництв

Технологічна схема адсорбційного очищення промислових стічних вод, забруднених переважно різними хлорпохідними вуглеводнів і хлорорганічними кислотами, є типовою схемою фізико-хімічного очищення стічних вод від токсичних компонентів, що не дозволяють направляти стоки підприємства на міські споруди біологічного очищення [10,27].

В загальнозаводській суміші стоків багатьох хлорорганічних виробництв міститься велика кількість речовин продуктів синтезу. Лише частину цих сполук вдається в стічній воді ідентифікувати.

Сумарну концентрацію органічних забруднень стічних вод оцінюють за величиною *ХПК*. На підприємстві з комплексом хлорорганічних речовин, відношення вмісту нейтральних, слабокислотних і сильнокислотних забруднень в стічній воді становить приблизно 1,0:2,2:1,1

Таким чином, у стоках підприємства хлорорганічного синтезу близько 77% розчинених органічних речовин має кислотний характер і близько двох третин цих речовин є дуже слабкими кислотами.

Отже, адсорбція цих речовин з кислого середовища найбільш ефективна, і витрата активованого вугілля в цих умовах має бути істотно меншою від витрат активованого вугілля при очищенні нейтральних стічних вод (рис.10.25).

Питому витрату активованого вугілля при цьому доцільно оцінювати кількістю адсорбенту, необхідного для поглинання з води забруднень в одиницях *ХПК* (гO_2/м^3), наприклад, у г вугілля на 1 г *ХПК*. Для підприємства хлорорганічного синтезу питома витрата активованого вугілля коливається в досить вузьких межах 5,5–7,5 кг/кг *ХПК* при зміні концентрації забруднень в стічній воді майже в 3 рази.

Адсорбційний вузол може складатися з блоку декількох послідовно включених відносно коротких колон, завантажених шаром гранульованого або дробленого вугілля. Після проскакування забруднень через останню колону до неї підключають колону з чистим вугіллям, а першу з колон відключають, вугілля з неї транспортують неочищеною стічною водою на

Національний університет водного господарства та природокористування

вібросито для відділення надлишку води і направляють на термічну регенерацію. Завантаження порожньої колони вугіллям проводять також гідротранспортом, використовуючи для цієї мети очищену стічну воду. Після завантаження шар розпушують висхідним потоком води для видалення вугільного пилу.

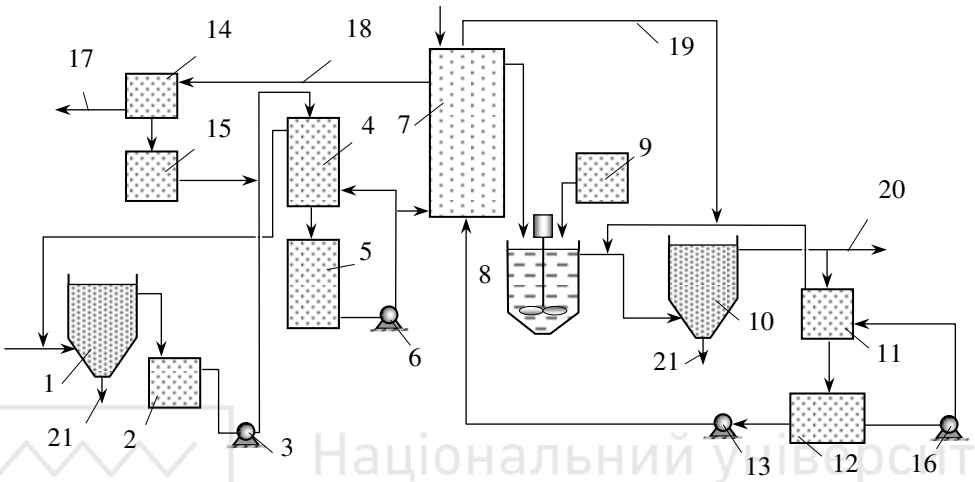


Рис. 10.25. Технологічна схема адсорбційної очищення стічних вод підприємства, що включає комплекс хлорорганічних виробництв:
1, 10 – відстійники, 2, 5, 12 – проміжні ємності, 3, 6, 13, 16 – насоси, 4, 11 – піщані фільтри, 7 – блок адсорберів з активованим вугіллям, 8 – змішувач-нейтралізатор, 9 – дозатор вапняного молока, 14 – вібросито, 15 – збірник води після відділення вугілля, 17, 18 – вугілля на регенерацію, 19 – вода на зрихлення, 20 – колектор очищених стічних вод, 21 – шлам

При адсорбційному очищенні попередньо нейтралізованих стічних вод витрата активованого вугілля зростає в 3–4 рази, досягаючи 20 кг/кг *ХПК*.

Великий вміст хлорорганічних речовин в адсорбованих забрудненнях обумовлює спеціальний режим термічної регенерації вугілля. Під час руйнування хлорорганічних сполук у відведених газах печей спостерігається підвищення вмісту хлористого водню, що вимагає додаткових витрат на його утилізацію.

10.8. Використання стічних вод в сільському господарстві

10.8.1. Історичний досвід використання стічних вод в іригації

Використання стічних вод у сільському господарстві відомо з найдавніших часів (Рим, Афіни, Вавилон та ін.). Поля для зрошення стічною водою існують у Німеччині (Бунцлау) ще з 1559 р., у Великобританії (Единбург) - з 1709 р., у Франції (Париж) - з 1868 р.; в Україні (Одеса) - з 1887 р., в Росії (Московська область) - з 1898 р.

В даний час для зрошення сільськогосподарських земель комунальні стічні води широко використовуються в Індії, США, Ізраїлі, Кіпрі, Мексиці та низці

Національний університет водного господарства та природокористування

інших країн. У деяких випадках на потреби сільського господарства спрямовується основна частина стоку господарсько-побутових стічних вод. Так, велика частина стоків Мехіко використовується для іригації 80 тис. га землі, зайнятої, головним чином, люцерною, маїсом, ячменем і вівсом [4].

У ряді країн (Кіпр, Ізраїль, Йорданія, Перу, Саудівська Аравія) напрямок стічних вод на зрошення є державною політикою. Так, на Кіпрі весь об'єм стічних вод після очищення використовується на зрошення сільгоспкультур, а в Ізраїлі встановлено кілька сотень басейнів і резервуарів для збору та повторного використання очищених стічних вод, об'єм яких у 2000 р. склав близько 300 млн $м^3$/рік. У цій країні утилізується більше 70% всього міського стоку [28,29] (рис.10.26).

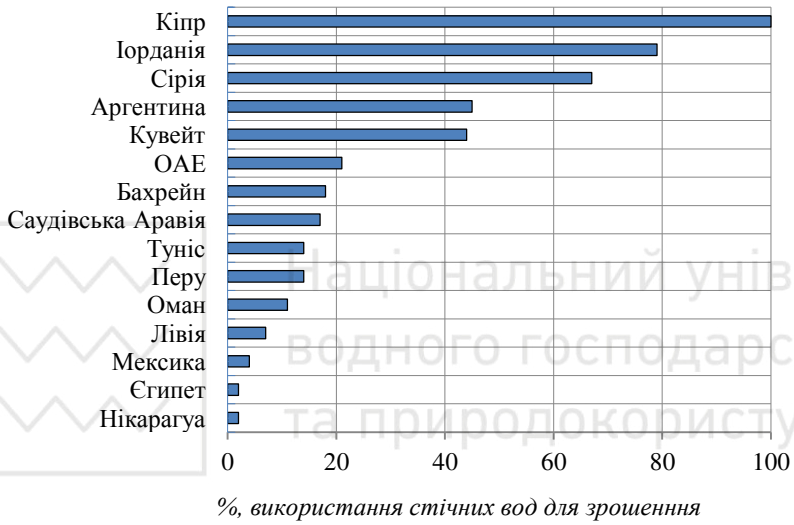


Рис. 10.26. Використання стічних вод на зрошення в країнах Латинської Америки і Близького Сходу (у відсотках від загального об'єму стічних вод) [19,29]

В умовах пустель набуває особливої гостроти проблема нестачі прісної води. Її ощадливе використання сприяє розвитку землеробства (рис.10.27).

У Російській Федерації (Московська область) на землеробських полях стічними водами в 70–80-і рр.. XX століття зрошувалося близько 5 тис. га земель. В даний час сільськогосподарське використання стічних вод здійснюється на площі 33 тис. га, а перспективні об'єми стічних вод для використання на зрошення оцінюються в об'ємі 17,4 $км^3$/рік [4, 19].

Полив стічними водами зелених насаджень широко поширений в США, Латинській Америці, Австралії, в країнах Середземномор'я та Північної Африки [29].

Стічні води широко використовують особливо для зрошення парків, вуличних газонів, ігрових майданчиків для гольфу, придорожніх зелених смуг та інших.

Використання міських стічних вод для зрошення кормових культур в

Національний університет водного господарства та природокористування

Північному Ємені дозволило встановити позитивний вплив міських стічних вод на родючість ґрунтів [18]. Використання стічних вод на зрошення в розведеному (річковою водою) вигляді не знижує врожайність оброблюваної культури і не погіршує меліоративний стан зрошуваного поля, сприяє запобіганню дефіциту зрошувальної води при вирощуванні сільгоспкультур. При цьому знижуються втрати врожаю, викликані браком води у вегетаційний період і забезпечується стабільність сільськогосподарського виробництва.



Рис.10.27. Загальний вигляд полів зрошення в пустелі [30]

10.8.2. Стічні води міст та їх доочищення на полях зрошення

При проектуванні зрошувальних систем з використанням міських стічних вод кожен проект повинен пройти екологічну експертизу згідно Закону України "Про екологічну експертизу".

Переробка стічних вод з послідуючим використанням їх для зрошення кормових і технічних культур рекомендується як альтернативний спосіб очищення відпрацьованих стічних вод з метою попередження забруднення водних ресурсів [5,25].

Згідно Земельного Кодексу України система раціонального використання земель повинна мати природоохоронний, ресурсозберігаючий, відтворювальний характер і передбачати збереження ґрунтів, обмеження негативного впливу на них, а також на рослини, геологічні породи, водні джерела та інші компоненти навколишнього середовища.

Нормування технологічних та екологічних показників здійснюється в умовах, коли рівень грунтових вод не перевищує критичного рівня при рекомендованих режимах зрошення.

В комплекс заходів охорони навколишнього середовища України слід включати водовідведення стічних вод міст на поля зрошення. Окрім прямого народногосподарського ефекту (підвищення врожайності і її стабільність) застосування стічних вод на полях зрошення має і водоохоронний ефект, оскільки стічні води, подані на поля зрошення, проходять природне доочищення шляхом їх фільтрування через товщу ґрунту.

Ефективність природного доочищення стічних вод залежить від механічного складу та поглинаючої здатності активного шару ґрунту (0–60 см). В залежності від вказаних параметрів грунтом затримується від 50 до 90% різноманітних органічних сполук, від 10 до 50% важких металів та мікроелементів, суттєво знижується $БСК_5$ – до 70%. Поглинальна здатність ґрунту перешкоджає проникненню органічних сполук та токсичних речовин в ґрунтові води. Найбільш ефективною детоксикаційною властивістю щодо

Національний університет водного господарства та природокористування

знешкодження токсичних речовин і хімічних сполук характеризуються ґрунти супіщані, суглинисті, найменш ефективною – важкі суглинисті та глинисті. За показником зупинки акумуляції та міграції специфічних речовин у профілі

10.8.3. Вибір ділянок для будівництва зрошувальних систем

При проектуванні і будівництві зрошувальних систем з використанням стічних вод необхідно враховувати комплекс санітарно-екологічних та гідромеліоративних факторів, пов'язаних із специфікою застосування стічних вод (напрямок сільськогосподарського виробництва, вирощувані культури, режими зрошення, спосіб поливу та ін.) [6,21].

Стічні води для зрошення використовуються в спеціалізованих меліоративних системах з метою підвищення продуктивності сільськогосподарських угідь, росту врожайності сільськогосподарських культур, доочищення стічних вод в природних ґрунтових умовах, попередження забруднення водних ресурсів.

При проектуванні зрошувальних систем необхідно керуватися вимогами нормативно-технічних документів [5,25].

Зрошувальні системи з використанням стічних вод слід проектувати як самостійний меліоративний об'єкт, так і в комплексі із спорудами попередньої їх переробки. Необхідно враховувати розвиток каналізаційного будівництва населених пунктів і промислових об'єктів з метою прогнозування якості стічних вод і необхідності використання їх для зрошення.

При виборі ділянок для будівництва зрошувальних систем з використанням стічних вод слід враховувати:

- геолого-гідрогеологічні умови і геоморфологічні особливості території;
- глибину розташування підземних вод;
- літологічний склад грунтів зони аерації і її потужність;
- фільтраційні властивості порід та їх вбирну здатність;
- природну захищеність підземних вод, які використовуються для водопостачання, наявність екрануючого шару глин, що має повсюдне поширення та потужність не менш як 10 м;
- наявність виходів на поверхню сильнотріщиноватих і закарстованих порід;
- райони виклинювання водоносних горизонтів;
- зони санітарної охорони джерел водопостачання і території санітарної охорони курортів та розриви до полів вирощування овочевих культур (750 м).

Водозабезпечення населення в зоні зрошуваних масивів стічними водами повинно здійснюватись за рахунок глибоких водоносних горизонтів, не пов'язаних з ґрунтовими водами першого від поверхні водоносного горизонту четвертинних відкладів.

Найпридатнішими для будівництва зрошувальної системи вважаються земельні ділянки із спокійним рельєфом, без замкнутих блюдцеподібних

понижень, зі звичайною захищеністю підземних вод від забруднення специфічними забруднювачами стічних вод. Критерії захищення підземних вод регламентовані вимогами [23].

Використання стічних вод для зрошення сільськогосподарських культур можливе на всіх видах ґрунтів, крім важко фільтруючих (глинистих) і легкофільтруючих (ґрунти тріщинуваті, щебеневі, гравійні, крейдові, вапняні і сильно засолені), коефіцієнт фільтрації підпорних горизонтів ґрунту повинен бути більше 0,3 м/доб.

Площу зрошення слід визначати від розрахункового об'єму стічних вод, поливних норм і умов експлуатації зрошувальної системи (режимів зрошення, технології використання та ін.).

Підібрані площі для проектування і будівництва зрошувальної системи з використанням стічних вод повинні мати загальний ухил до 0,01, а у випадку необхідності регулярних промивок грунту – не більше 0,003. Допускається використання земель із ухилом 0,03 при відповідному обґрунтуванні.

Вибрані ділянки під зрошувальну систему з використанням стічних вод повинні розташовуватися поблизу звичайних дренуючих низин, забезпечуючи відвід фільтраційних вод, які можуть бути використані при сприятливому хімічному складі для повторного зрошення.

Ґрунтові води повинні знаходитися на глибинах, які забезпечують вільну аерацію інфільтруючих стічних вод і виключають їх зіткнення з ґрунтовими і підземними водами.

Водоупорні основи водоносного горизонту грунтових вод в зоні зрошувальних ділянок повинні бути складені щільними породами, попереджуючими інфільтрацію забруднених грунтових вод в нижче розташовані артезіанські водоносні горизонти. Це такі слабо проникні породи як глина, глинисті піски, супіски, суглинки з коефіцієнтом фільтрації 0,1 м/добу.

З метою санітарно-гігієнічної безпеки слід передбачати влаштування санітарно-захисної смуги (лісосмуги) в 15 м з боку населеного пункту і 10 м вздовж магістральних доріг.

Розміщення зрошувальних систем з використанням стічних вод недопустимо:

- на території 1 і 2 поясів зон санітарної охорони джерел мінеральних вод і джерел централізованого господарсько-питного водопостачання;
- в радіусі <1 км від водозабору із поверхневого водного джерела;
- в місцях знаходження підземних вод питної якості, які не захищені водостійкими породами;
- в межах водоохоронних зон поверхневих і підземних водних об'єктів.

При виборі ділянки в складних гідрогеологічних умовах під зрошувальні системи з використанням стічних вод, необхідно передбачати регулювання водно-сольового режиму ґрунтів зони аерації та постійний контроль за якістю ґрунтових вод. Слід здійснювати контроль і за якістю міжпластових (артезіанських) вод, які живляться за рахунок ґрунтових вод на конкретних ділянках надр.

Національний університет водного господарства та природокористування

Менш небезпечне використання стічних вод для зрошення може бути забезпечене при дотриманні наступних санітарно-гігієнічних правил:

- запобігання випуску стічних вод за межі зрошувальної території і в водоймища;
- зрошувані ділянки повинні розташовуватись не ближче 750 м від населених пунктів і 100 м від магістральних доріг;
- дощування слід здійснювати низьконапірними середньо- і короткоструменевими установками;
- найбільш прийнятим в санітарно-гігієнічному відношенні способом поливу очищеними стічними водами — є внутрішньогрунтове зрошення;
- зрошувальна та поливна норми, строки поливів повинні відповідати вологоємкості та вологоутримуючій здатності грунту;
- необхідно регулярно проводити медичне обстеження осіб, працюючих на зрошувальних масивах з використанням стічних вод;
- персонал повинен бути забезпечений водопроникливим одягом, проходити щорічне обстеження і при влаштуванні на роботу; один раз на рік він підлягає проведенню профілактичних щеплень проти кишкової інфекції.

Національний університет водного господарства та природокористування

10.8.4. Оцінка придатності міських стічних вод для утилізації на полях зрошення

При оцінці якості стічних вод, що використовуються для зрошення, необхідно застосовувати агроекологічні підходи, зокрема враховувати: концентрацію токсичних іонів, токсичну лужність, санітарно-гігієнічні показники, вміст важких металів [21].

Придатність стічних вод для зрошення визначається складом інгредієнтів, їх концентрацією і співвідношенням, генетичними особливостями ґрунту та біологічними характеристиками сільськогосподарських культур.

Для попередньої оцінки можливого використання для зрошення стічних вод слід проводити розрахунки за виразом:

$$Na^{\bullet} \le 8\sqrt{\frac{Ca^{\bullet\bullet} + Mg^{\bullet\bullet}}{2}}, \qquad (10.5)$$

де Na^{*}, Ca^{**}, Mg^{**} – іони натрію, кальцію, магнію.

Для остаточного вирішення питання можливості використання для зрошення стічних вод міст, особливо в посушливих регіонах, оцінку їх якості слід виконувати:

- за ступенем можливого засолення ґрунтів на основі показників загальної мінералізації – концентрації токсичних іонів із врахуванням механічного складу ґрунтів (табл. 10.22);
- за небезпекою підлуження ґрунтів на основі нормування показників *pH*, загальної лужності і лужності від нормальних карбонатів (табл. 10.23).

– за ступенем можливого осолонцювання ґрунтів на основі співвідношення катіонів, врахування ступеню засолення, буферності ґрунтів, їх механічного складу та карбонатності (табл. 10.24).

Таблиця 10.22

Характеристика води придатної для зрошення, за якої загроза засолення ґрунтів дуже мала і не потрібний спеціальний підбір с.-г. культур

Вміст токсичних солей у воді в еквівалентах хлору, мг-екв/дм^3	Ґрунти супіщані незасолені і несолонцюваті, добре водопроникні	15
	Ґрунти суглинисті незасолені і несолонцюваті, добре водопроникні	10
	Ґрунти чорноземні і каштанові важкосуглинкові і глинисті, несолонцюваті і солонцюваті, добре оструктурені і водопроникні	7
	Ґрунти всіх типів і підтипів важкого механічного складу слабозасолені і солонцюваті. Слабооструктурені і погано водопроникні	5

Таблиця 10.23

Оцінка придатності стічних вод за небезпекою підлуження ґрунтів

Показники води	Група ґрунтів			Оцінка якості води
	кислі	нейтральні	лужні	
pH	менше 8,2	менше 8,0	менше 7,6	Клас I
CO_3^{2-}, мг-екв/дм^3	менше 0,3	–	–	Придатна
$HCO_3^- - Ca^{2+}$, мг-екв/дм^3	менше 2,5	менше 2,0	менше 1,5	Придатна
pH	8,2–9,0	8,0–8,8	7,8–8,5	Клас II
CO_3^{2-}, мг-екв/дм^3	0,3–0,9	0,1–0,6	0,1–0,3	Обмежено придатна
$HCO_3^- - Ca^{2+}$, мг-екв/дм^3	2,5–6,0	2,0–5,0	1,5–4,5	Обмежено придатна

При агромеліоративній оцінці стічних вод необхідно враховувати генетичний тип ґрунту (табл..10.25, 10.26) та належність стічних вод до певної категорії, де враховані основні агромеліоративні та агроекологічні параметри.

Норми вмісту нафтопродуктів та детергентів

Назва речовин	ГДК в зрошувальній воді, мг/дм^3
Феноли	0,1
Нафта зі значним вмістом сірки	0,1
Нафта та інші нафтопродукти	0,3
Детергенти	0,2

В ряді випадків виконання агромеліоративної та екологічної оцінки стічних вод на підставі розрахункових методів і встановлених критеріїв якості є недостатнім для визначення придатності стічних вод для зрошення. В таких випадках проводяться польові досліди, де встановлюється придатність стічних вод для зрошення на основі визначення агромеліоративних та санітарно-

екологічних показників експериментальним шляхом для конкретного об'єкту дослідження [5].

Таблиця 10.24

Умови придатності води для зрошення, за яких загрози осолонцювання немає і не потрібний спеціальний підбір с.-г. культур

Співвідношення катіонів: $\frac{(Na^{\bullet} + K^{\bullet}) \times 100}{\sum катіонів}$ (при *pH* 6,5–7,5 і $Ca^{\cdot\cdot} > Mg^{\cdot\cdot}$)			
класи за загрозою засолення	I група	II група	III група
I	<60	<50	<40
II	<50	<40	<30
III	<40	<30	<20

Примітка: I група - супіщані і легкосуглинисті, суглинисті карбонатні ґрунти; II група - суглинисті безкарбонатні, глинисті карбонатні ґрунти; III група - суглинисті і глинисті безкарбонатні ґрунти

Таблиця 10.25

Основні вимоги до якості зрошувальних стічних вод в залежності від виду ґрунту

Назва домішок /мікроелементу стічної води	Позначення мікроелементу стічної води	Граничне числове значення мікроелементу стічної води для ґрунтів			
		дерново-підзолистих	сірих лесових	чорно-земних	каштано-вих
pH	–	6,5–8,5	6,0–8,5	5,5–8,0	6,0–7,5
розчині речовини (мг/дм^3)	–	4000	3500	3200	2500
мінеральні речовини	–	3000	2500	2000	1750
натрію	Na	400	300	250	200
калію	$K^{\cdot}$	200	150	100	100
кальцію	$Ca^{\cdot\cdot}$	800	600	450	600
магнію	$Mg^{\cdot\cdot}$	250	200	200	150
хлору	$Cl^{\cdot}$	400	350	300	250
сульфатів	$SO_4^{\cdot\cdot}$	550	450	400	300
гідрокарбонатів	$HCO_3^{\cdot}$	2500	2000	1700	1500
фосфору	P_2O_5	100	75	75	75
БСК$_5$, мг O_2/дм^3	–	2000	1700	1500	1400
ХПК, мг O_2/дм^3,	–	4000	3500	2500	2000
Завислі речовини мг/дм^3	–	3000			

Одним із екологічних критеріїв оцінки якості стічних вод є визначення санітарно-гігієнічних та мікробіологічних показників: *ХПК* (біхромат на окислюваність), *БПК$_5$*, *БПК$_{20}$* (біологічне поглинання кисню), титр ЛКП[15],

[15] ЛКП – лактозопозитивні кишкові палички

Національний університет водного господарства та природокористування

колі-індекс, загальне мікробне число, титр ентерококів, сальмонел, патогенних серотипів кишкової палички, наявність або відсутність яєць геогельмінтів.

Вода є придатною для зрошення, якщо (при 37°С за 24 год.) колі-індекс не перевищує 1000 од. в 1 дм^3, колі-фаги не більш як 1000 од. в 1 дм^3. Біологічно очищені стічні води, які використовуються для зрошення, не повинні вміщувати патогенних бактерій, вірусів, життєздатних яєць геогельмітів.

При зрошенні стічними водами санітарно-екологічним показником забруднення ґрунту і гальмування процесів мінералізації є високий вміст органічного вуглецю, органічного азоту при відсутності аміаку.

Підвищений вміст аміаку, нітритів і нітратів свідчить про процеси самоочищення грунту від азотовміщуючих органічних речовин, які надходять із стічними водами.

Таблиця 10.26

Припустимі значення вмісту в зрошувальних стічних водах (перша категорія) важких металів та інших хімічних елементів

Показники	Значення показника, мг/дм^3	Показники	Значення показника, мг/дм^3
цинк	1,0	мідь	0,01
марганець	0,1	кобальт	0,03
хром$^{+3}$	0,2	свинець	0,03
хром$^{+6}$	0,05	кадмій	0,003
бор	0,3	ртуть	0,0005
нікель	0,02	фтор	0,7

Доочищення біологічно очищених міських стічних вод грунтовими методами виключає можливість надходження патогенних бактерій і вірусів у ґрунтові води. Найліпший ефект доочищення стічних вод у санітарно-гігієнічному відношенні досягається в теплу пору року (збільшується активність мікроорганізмів). Якість стічних вод, що використовуються для зрошення за санітарно-гігієнічними показниками, повинна відповідати санітарно-екологічним вимогам, що регламентуються [20,23].

При оцінці якості стічної води слід також визначати токсикологічні показники: вміст фенолів, нафти і нафтопродуктів, детергентів. Кількість цих речовин в зрошувальній воді лімітується за показниками фітотоксичності і санітарної токсичності. Воду вважають придатною для зрошення, якщо вміст цих речовин не перевищує гранично допустимих концентрацій (табл. 10.25).

В залежності від вихідного хімічного складу і умов використання, підготовка стічних вод для зрошення включає:

- відстоювання;
- усереднення;
- розбавлення;
- нейтралізацію;
- гіпсування;
- глибокого очищення;
- змішування з іншими видами стічних вод;

При проектуванні нових підприємств слід передбачати зворотні системи водопостачання і повторне використання розсолів.

Національний університет водного господарства та природокористування

В умовах Криму рекомендується переробка стічних вод шляхом глибокого доочищення.

10.8.5. Особливості режиму зрошення січними водами

Один із найважливіших резервів економії води та збереження родючості ґрунтів досягається шляхом удосконалення режимів зрошення сільськогосподарських культур, нормування зрошувальних вод і застосування спеціальних агротехнічних прийомів (післяполивні рихлення, боротьба з бур'янами та ін.).

Режим зрошення сільськогосподарських культур стічними водами в основному не відрізняється від поливу річковими водами для даної зони, при використанні стічних вод слід враховувати особливості природно-кліматичних умов, де рекомендується їх застосування.

Зрошувальні норми розраховуються за формулою [5]:

$$M_o = \sum B - O(B - в) - Г, \tag{10.6}$$

M_o – зрошувальна норма, м^3/га (табл. 10.27); ∑B – сумарне водоспоживання за період вегетації, м^3/га; O – сума корисних опадів за цей же період, м^3/га; B – запас ґрунтової вологи в кореневмісному шарі на час поливів, м^3/га; в – те ж, в період збирання врожаю; Г – кількість вологи, що використовують рослини із ґрунтових вод.

З метою запобігання змикання поливних вод з ґрунтовими і підземними водами необхідно застосовувати оптимальні режими зрошення основних сільськогосподарських культур з поливними нормами до 250–300 м^3/га.

Зрошувальні норми призначаються з урахуванням природних зон, типу ґрунтів, їх водно-фізичних властивостей, потреби в воді сільськогосподарських культур.

Таблиця 10.27

Зрошувальні норми для сільськогосподарських культур

Культура	Зрошувальні норми, м^3/га	
	Лісостеп	Степ
Багаторічні трави	2400–3000	–
Люцерна	–	2800–3500
Озима пшениця	500–1000	700–1300
Кормовий буряк	1500–2000	2100–3000
Кукурудза на силос	1800–2000	2000–2800
Однорічні трави	800–1000	–

В умовах зон України пропонується будувати зрошувальні системи з врахуванням погодних умов сухого року (95% забезпеченість), щоб уникнути недобору врожаю в посушливі роки (табл.10.28).

Національний університет водного господарства та природокористування

Таблиця 10.28

Проектні зрошувальні норми сільськогосподарських культур в середньосухі роки, $м^3$ /га [5]

Культура	Забезпеченість	Південний степ	Північний степ	Лісостеп
Озима пшениця	75	2300	2300	2300
	95	2800	2800	2300
Кукурудза	75	3000	2400–3000	1800
	95	3000–3400	3000	2400
Люцерна під покровом ярового ячменю	75	1000–1500	1000–1500	1500
	95	1300–1600	1500	1500
Люцерна після збору ярового ячменю	75	3200–3800	2800–3200	1400
	95	3200–3800	2600–3200	2000
Люцерна 2–го року життя	75	5200–5800	4600–5200	4000
	95	5600–7000	5800	4800
Кормовий і цукровий буряки	75	3600–4200	3000–4200	3000
	95	4200–4800	4200	3600
Соя	75	3000–3500	2500	2500
	95	3000–3500	3000	3000

В критичні періоди рослини особливо чутливі до нехватки вологи, тому поливи культур необхідно проводити при оптимальній вологості ґрунту. Критичні періоди і їх тривалість для основних сільськогосподарських культур південного степу України показані на рис. 10.28. Календарні строки проходження критичних періодів у культурних рослин, як правило, не співпадають. Це дає можливість оптимізувати поливний режим культур в зрошувальній сівозміні.

При встановленні зрошувальних і поливних норм на масивах, зрошуваних стічними водами, необхідно враховувати самоочищувальну здатність ґрунту. Ступінь очищення залежить від норми водоподачі і від потужності фільтруючого шару ґрунту. При тривалому зрошенні грунт перенасичується речовинами, привнесеними стічними водами, самоочищувальна здатність його поступово зменшується. Тому слід постійно підтримувати рівновагу між надходженням хімічних речовин стічних вод і використанням їх рослинами, витримувати міжполивні періоди.

На діючих системах з використанням стічних вод необхідний постійний контроль за дотриманням режимів зрошення, рівнем ґрунтових вод і їх мінералізацією. При погіршенні природних дренажних умов потрібно передбачити будівництво штучного дренажу.

Слід враховувати, що при дотриманні технології зрошення стічними водами в умовах України забезпечує підвищення врожаю кормових і технічних культур у сівозміні в 2–4 рази в залежності від застосованих заходів

Національний університет водного господарства та природокористування

щодо підвищення родючості ґрунтів. Вихід кормових одиниць з 1 га при використанні стічних вод складає 100 ц і більше (без зрошення – не більше 30–40 ц/га).

Культура	Місяці							
	III	IV	V	VI	VI	VI	IX	X
Озима пшениця								
Яровий ячмінь								
Кукурудза								
Люцерна на зелену масу								
Соя								
Кормовий буряк								

Примітка: 1 – період вегетації ; 2 – критичний період -

Рис. 10.28. Приблизні календарні строки наставання критичного періоду у різних сільськогосподарських культур у південному Степу України

Економічні переваги використання біологічно очищених стічних вод з подальшим їх доочищенням ґрунтовим методом порівняно із штучними методами доочищення ще не одержали повної вартісної оцінки. Однак, доведено, що подача води за схемою "очисні споруди – каналізація – поля зрошення" забезпечує більш раціональне і ефективне використання водних ресурсів у порівнянні зі схемою "очисні споруди – каналізація – річка – насосна станція – іригаційна система".

Контрольні питання

1. Схеми використання стічних вод в промисловості.
2. Відмінність схем послідовного, оборотного і прямоточного водопостачання.
3. Особливості комбінованих схем промислового водопостачання.
4. Вимоги до якості води при її повторному використанні.
5. Рівнння балансу води систем оборотного водопостачання.
6. Вплив домішок оборотної води на ефективність систем оборотного водопостачання.
7. Вимоги до якості стічної води при її повторному використанні.
8. Технологічна схема очищення стічних вод з доочищенням на фільтрах.
9. Застосування реагентів в технології глибокого доочищення стічних вод.
10. Технологічна схема споруд глибокого очищення стічних вод з використанням адсорбційних методів видалення органічних забруднень.
11. Комбіновані технологічні схеми біологічного та фізико-хімічного очищення стічних вод.
12. Технологічні схеми очищення виробничих стічних заводів виробництва синтетичних волокон.
13. Очищення стічних вод заводів пластмас.
14. Очищення стічних вод нафтопромислів, нафтобаз.

15. Схема каналізаційних очисних споруд перевалочної нафтобази.
16. Схема очищення стічних вод розподільної нафтобази.
17. Очищення стічних вод підприємств гумової промисловості.
18. Очищення стічних вод підприємств мікробіологічного промисловості і підприємств з виробництва лікарських препаратів.
19. Принципова схема одержання продуктів мікробіологічного синтезу.
20. Схема очищення стічних вод підприємств виробництва лікарських препаратів.
21. Очищення стічних вод промивочно-пропарювальних станції залізничних цистерн.
22. Очищення стічних вод підприємств легкої промисловості.
23. Схема очищення стічних вод хутряної фабрики.
24. Очищення стічних вод підприємств рибної промисловості.
25. Технології сорбційного та іонообмінного очищення стічних вод.
26. Суть технологічної схеми очищення стічної води після її біологічного очищення.
27. Схема адсорбційного доочищення біологічно очищених стічних вод.
28. Технологічна схема знесолення доочищених стічних вод.
29. Очищення стічних вод від ПАР, барвників та інших речовин.
30. Принципова технологічна схема флотосорбційного очищення від ПАР і барвників з використанням порошкоподібного активованого вугілля.
31. Технологічна схема адсорбційного очищення стічних вод хлорорганічних виробництв.
32. Історичний досвід використання стічних вод в іригації.
33. Стічні води міст та їх доочищення на полях зрошення.
34. Вибір ділянок для будівництва зрошувальних систем.
35. Оцінка придатності міських стічних вод для утилізації на полях зрошення.
36. Особливості режиму зрошення стічними водами.

Література

1. Алферова Л. А., Нечаев А. П. Замкнутые системы водного хозяйства промышленных предприятий, комплексов и районов. – М. : Стройиздат, 1984. – 272 с.
2. Бородавченко И. И., Лозановская И. Н., Орлов Д. С. и др. Комплексное использование и охрана водных ресурсов. – М. : Колос, 1983. – 175 с.
3. Водний кодекс України. // ВВР. – 1995.№24. – 190 с..
4. Водоотведение и очистка сточных вод /С.В. Яковлев, Я.А. Карелин, Ю.М. Ласков, В.И. Калицун. – М. : Стройиздат, 1996. – 591 с.
5. ВНД 33-3.3-01-98. Переробка міських стічних вод та використання їх для зрошення кормових та технічних культур.: Державний комітет України по водному господарству. – К. : 1998.
6. ВСН 33-2.2.02-86 Мелиоративные системы и сооружения. Оросительные системы с использованием сточных вод. Нормы проектирования. Разработаны ВНПО по сельскохозяйственному использованию сточных вод (ВНПО Прогресс) Минводхоза СССР. – М. : 1986. – 85 с.
7. Гвоздев В. Д., Ксенофонтов Б. С. Очистка производственных сточных вод и утилизация осадков. – М. : Химия, 1988. – 112 с.
8. Гироль Н. Н., Журба М. Г., Семчук Г. М., Якимчук Б. Н. Доочистка сточных вод на зернистых фильтрах. Под общ.ред. Н.Н.Гироля. СП ООО «Типография» Левобережная». – Киев :1998. – 92 с.
9. Интенсификация действующих сооружений систем отведения, очистка сточных вод и переработки осадков. /ДДНТП им. Ф.Э.Дзержинского. – М. : 1986. – 161 с.
10. Канализация населенных мест и промышленных предприятий. Справочник

Національний університет водного господарства та природокористування

проектировщика./Н. И. Лихачев, И. И. Ларин, С. А. Хаскин и др.; Под ред. В. Н. Самохина. 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 1981. – 638 с.
11. Кафаров В. В. Принципы создания безотходных химических производств. – М. : Химия, 1982. – 288 с.
12. Кириченко А. Г., Колесник Е. П., Лавриненко К. И. Доочистка биохимически очищенных промышленных сточных вод.- Химия и технология воды. 1986, т.8, №3, с.88-89.
13. Когановский А. М., Клименко Н. А., Левченко Т. М., Марутовский Р. М., Рода И. Г. Очистка и использование сточных вод в промышленном водоснабжении. – М. : Химия, 1983. – 288 с, ил.
14. Колодный Ю. И. Рациональное использование природных вод. Волго-Вятское кн. изд. – Горький : 1986. – 174 с..
15. Кучеренко Д. И. Гладков В. А. Оборотное водоснабжение: (Системы водяного охлаждения). – М. : Стройиздат, 1980. – 168 с.
16. Мацнєв А. І., Саблій Л. А. Водовідведення на промислових підприємствах: Навч. посіб. для студентів вузів спец. "Водопостачання, водовідведення, раціон. використання і охорона вод. ресурсів". – Рівне : [Укр. держ. акад. вод. госп-ва], 1998. - 218с.
17. Правила охорони поверхневих вод від забруднення зворотними водами. Затверджені постановою Кабінету Міністрів України від 25 березня 1999 р., № 465.
18. Раджех Амен Яхья, А. В. Шуравилин. Использование городских сточных вод для орошения кормовых культур в северном Йемене // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. – М. : 2008. - № 1.- с. 79-85.
19. САНИИРИ на пути к интегрированному управлению водными ресурсами // Сб. научн. трудов – Ташкент : НИЦ МКВК, 2010. - 266 с. (стор 55-59)
20. Санитарные правила и нормамы охраны поверхностных вод от загрязнения. (СанПиН №1630-88)
21. Сельскохозяйственное использование сточных вод: Справочник / Л. П. Овцов, В. В. Игнатова и др.; Сост. Э. Е. Элик. М.: Росагропромиздат, 1989. – 223 с.
22. Синев О. П. Интенсификация биологической очистки сточных вод. – К. : Техніка, 1983, 108с.
23. СНиП 11.04.02-84 “Водоснабжение. Наружные сети и сооружения”, Госстрой СССР, 1985 г
24. Таварткіладзе І. М. Водовідвідні системи промислових підприємств. Процеси і апарати. навчальний посібник. – К. : КНУБА, 2002. – 96 с.
25. Якість природної води для зрошення. екологічні критерії. ВНД 33-5.5-02-97. / Державний комітет України по водному господарству. – К. : 1997.
26. Яковлев С. В., Карюхина Т. А. Рыбаков С. А. и др. Очистка сточных вод предприятий химико-фармацевтической промышленности. – М. : Стройиздат, 1985. – 252с.
27. James G. Mann, Yih An Liu Industrial Water Reuse and Wastewater Minimization McGraw-Hill, 1999. 523 p.
28. Door J., Ben-Josef N. Monitoring effluent quality in the hypertrophic wastewater reservoirs using remote sensing. – Appropr. Waste Manag. Technol. Dev. Countries: Technol Pap. Present // 3rd Int. conf., Nagpur, Febr., 25-26, 1995, T.1. – Bombey, 1995. – p. 199-207.
29. Інтернет-сторінка: http://www.fao.org
30. Інтернет-сторінка: http://tvil.ru/register/statya2

Національний університет водного господарства та природокористування

11. ОБРОБКА ОСАДІВ ВИРОБНИЧИХ СТІЧНИХ ВОД

11.1. Види, склад і властивості осадів міських стічних вод

Осади мають вигляд суспензії, що утворюється зі стічних вод у процесі їх механічного, біологічного і фізико-хімічного очищення. При обробці осадів передбачається максимальне зниження вологості та об'єму, стабілізація і знезаражування [3].

Осади в залежності від типу споруд очищення стічних вод бувають:

- грубі (затримані ґратах);
- важкі (затримані в пісковловлювачах);
- спливаючі (затримані у відстійниках і жироловках);
- сирі (затримані у первинних відстійниках);
- активний мул (затриманий у вторинних відстійниках).

В залежності від способу обробки осади поділяють:

- анаеробно-зброджені в прояснювачах-перегнивачах, двоярусних відстійниках або метантенках[1];
- аеробно-стабілізовані – активний мул або його суміш з осадом з первинних відстійників;
- ущільнений активний мул, осад або суміші з ущільнювачів;
- промитий ущільнений зброджений осад;
- згущений активний мул із сепараторів;
- флотований активний мул або осад;
- зневоднений осад після апаратів механічного зневоднювання;
- підсушений осад з мулових майданчиків;
- термічно висушений осад і т.п.

Кількість, вологість осадів. Склад і властивості осадів з первинних і вторинних відстійників залежать від характеру стічних вод і, в першу чергу, від виду і кількості виробничих стічних вод, що очищаються разом з побутовими. Середня вологість осаду, що вивантажується з первинних відстійників, складає 95% при самопливному видаленні і 93,8% при видаленні плунжерними насосами. Вологість активного мулу, що вивантажується з вторинних відстійників, після аеротенків складає 99,2 – 99,7%, після біофільтрів – 96 – 96,5%. Активний мул, ущільнений в ущільнювачах мулу вертикального типу, має середню вологість 98%, в ущільнювачах мулу радіального типу – 97%. Кількість надлишкового активного мулу за сухою речовиною $П_р$, мг/л, визначається за формулою

$$П_р = 0{,}8B + 0{,}3L_a\,, \qquad (11.1)$$

де B – кількість завислих речовин у стічній воді, що надходить в аеротенк, мг/л; L_a – $БПК_{повн}$ стічної води (що надходить в аеротенк), мг/л.

Для орієнтовних розрахунків кількість суміші осаду первинних

[1] анаеробному зброджуванню може піддаватися осад з первинних відстійників або його суміш з надлишковим активним мулом

Національний університет водного господарства та природокористування

відстійників і ущільненого надлишкового активного мулу при середній вологості 96,2% може прийматися рівним 0,5 – 1% об'єму стічних вод, що очищаються.

Кількість осаду, що утвориться при фізико-хімічній (реагентній) очистці стічних вод, залежить від виду і дози прийнятих реагентів і при вологості 95 – 96% у середньому в 2,5 рази перевищує кількість осаду з первинних відстійників.

Вологість осаду, що вивантажується з метантенків, залежить від співвідношення осаду та активного мулу за сухою речовиною і розпаду беззольної речовини. При зброджуванні суміші осаду з первинних відстійників і ущільненого надлишкового активного мулу середня вологість осаду, що вивантажується, може прийматися рівною: з метантенків – 97%, із двоступінчастих метантенків і прояснювачів-перегнивачів – 93%, з аеробних стабілізаторів після 1,5 – 5 – годинного ущільнення – 95 – 97%.

Хімічний і гранулометричний склад осадів (табл..11.1). Значну частину сухої речовини осаду з первинних відстійників (60 – 75%) і активного мулу (70 – 75%) складають органічні речовини в основному білкового походження (до 50%) при вмісті жирів і вуглеводів відповідно до 20 і 8%. У сирому осаді з первинних відстійників білків приблизно в 2 рази менше, а вуглеводів у 2,5 – 3 рази більше, ніж і активному мулі. Суха речовина осаду з первинних відстійників має наступний елементний склад, % за масою: вуглець – 35,4 – 87,8%; водень – 4,5 – 8,7%; сірка – 0,2 – 0,7%; азот – 1,8 – 8%; кисень –7,6 – 31,4%. Суха речовина активного мулу містить 44 – 75,8% вуглецю; 5,6 – 8,2% водню; 0,9 – 2,7% сірки; 3,3 – 9,8% азоту; 12,5 – 43,2% кисню [6,9].

Таблиця 11.1

Хімічний склад мінеральної частини осадів

Тип осаду	Вміст, %									
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	SO_2	ZnO	Cu, Ni, Cr_2O_3
З первинних відстійників	21,5–55,9	0,3–18,9	4,9–13,9	11,8–35,9	2,1–4,3	0,7–3,4	0,8–4,2	2–7,5	0,1–0,2	1,1–6,8
Активний мул	17,6–33,8	7,3–26,9	7,2–18,7	8,9–16,7	1,4–11,4	0,8–3,9	1,9–8,3	1,5–6,8	0,2–0,3	2,7–6,0
Зброджена суміш осаду первинних відстійників і активного мулу	27,3–35,7	8,7–9,3	11,4–3,6	12,5–15,6	1,5–3,6	1,8–2,8	2,6–4,7	3–7,2	0,1–0,3	1,7–3,2

В осадах стічних вод може міститися свинець, кобальт, кадмій, ртуть і інші елементи.

Хімічний склад осадів впливає на їхню обробку. Сполуки заліза, алюмінію, хрому, міді, а також кислоти, луги сприяють поліпшенню процесу осадження, ущільнення і зневоднювання осадів, зниженню витрати хімічних

Національний університет водного господарства та природокористування

реагентів на їхню коагуляцію перед зневоднюванням. Мастила, жири, азотисті сполуки підсилюють газовиділення при зброджуванні осадів, але порушують процеси ущільнення і коагуляції. При вмісті іонів важких металів, сполук хрому, миш'яку й ін., а також барвників і синтетичних миючих речовин знижується газовиділення, погіршуються процеси анаеробного й аеробного бродіння осадів, знижується якість осаду при утилізації його як добрива.

Водовіддача осадів багато в чому залежить від розміру часток їхньої твердої фази. Чим дрібніші частки, тим гірша водовіддача осадів. Органічна частина осадів швидко загниває, виділяючи неприємний запах, при цьому збільшується кількість колоїдних і дрібнодисперсних часток.

За даними ряду дослідників, в осаді первинних відстійників вміст часток розміром більшим 7 – 10 мм складає – 20%, розміром 1 – 7 мм – 9 – 33% і розміром меншим 1 мм 50 – 88% загальної маси сухої речовини. Зброджений у метантенках осад у порівнянні зі свіжим має більш дрібну й однорідну структуру і містить часток розміром менше 1 мм у середньому 85%. В активному мулі кількість часток розміром менше 1 мм досягає 98%; розміром 1 – 3 мм – 1,6%, більше 3 мм – 0,4% маси сухої речовини [6].

Питомий опір фільтрації[2], що характеризує водовіддачу осадів, визначає необхідність і ступінь обробки осадів перед механічним зневоднюванням, вибір методу обробки осадів і розрахунок відповідних споруд.

Таблиця 11.2

Значення питомих опорів осадів стічних вод

Тип осаду	Вологість, %	Питомий опір, 10^{10} см/г
Осад з первинних відстійників, очищення міських стічних вод, з перевагою стічних вод різноманітних промислових підприємств	93 – 96	300 – 1000
Ущільнений активний мул	96,3 – 98	8000 – 400
Зброджений у метантенках осад з первинних відстійників	92,5 – 90	400 – 2000
Зброджена суміш осаду первинних відстійників і ущільненого активного і мулу в умовах:		
– мезофільних	96 – 98	800 – 6800
– термофільних	96 – 98	4000 – 10000
Аеробно–стабілізована суміш осаду первинних відстійників і активного мулу:		
– ущільненого	95,5	2400 – 4000
– неущільненого з наступним ущільненням впродовж 1,5 – 3 год	95 – 96	100 – 500

Питомий опір осаду *r* визначають за формулою

[2] Питомий опір осадів фільтрації – опір одиниці маси твердої фази, що відкладається на одиниці площі фільтра при фільтруванні під постійним тиском суспензії, в'язкість рідкої фази якої дорівнює одиниці.

Національний університет водного господарства та природокористування

$$r = \frac{2pF^2}{\eta C'} b \,, \qquad (11.2)$$

де p – тиск (вакуум), при якому відбувається фільтрування; F – площа фільтруючої поверхні; η – в'язкість фільтрату; C' – маса твердої фази осаду, що відкладається на фільтрі при одержанні одиниці об'єму фільтрату: $b=\tau/V^2$ – параметр, що визначається дослідним шляхом; τ – тривалість фільтрації; V – об'єм фільтрату.

Свіжий сирий осад з первинних відстійників і неущільнений активний мул мають значно менший питомий опір, ніж зброджені осади й ущільнений активний мул. Зброджування осадів, незважаючи на мінералізацію, погіршує їхню водовіддачу.

Чим більше зв'язаної вологи в осаді, тим більше енергії потрібно затратити для її видалення. Збільшення водовіддачі осадів досягається перерозподілом форм зв'язку вологи з твердими частками у бік збільшення вільної і зменшення зв'язаної вологи шляхом коагуляції осадів хімічними реагентами, введенням присадочних матеріалів, заморожуванням з наступним таненням, тепловою обробкою та іншими методами.

Теплота згоряння сухої речовини осадів у середньому складає 16,7 – 18,4 Мдж/кг. При збільшенні вологості і зольності осадів зростає їхня питома теплоємність та знижуються теплота згоряння і вихід летких речовин.

11.2. Ущільнення осадів

11.2.1. Характеристика процесу

Ущільнення – найбільш простий, дешевий і розповсюджений спосіб зменшення об'єму осадів, що забезпечує підвищення продуктивності споруд з їх обробки [9].

Для ущільнення активного мулу застосовують гравітаційні ущільнювачі мулу вертикального і радіального типу, ущільнювачі мулу з перемішуванням, прогріванням, добавкою хімічних реагентів. Активний мул може ущільнюватися як самостійно, так і в суміші з осадом первинних відстійників.

При тривалому ущільненні активного мулу різко зростає його питомий опір внаслідок загнивання мулу і збільшення кількості зв'язаної води. Оптимальна концентрація активного мулу міських станцій аерації з повною біологічною очисткою стічних вод в аеротенках приймається:

- з вертикальних ущільнювачів мулу 20 – 25 г/л;
- з радіальних ущільнювач мулу 29 – 34 г/л.

Тривалість ущільнення активного мулу для одержання оптимальної концентрації встановлюється в експлуатаційних умовах. При проектуванні тривалість ущільнення активного мулу може призначатися 10 – 14 годин для ущільнювача мулу вертикального типу і 9 – 11 годин для ущільнювачу мулу радіального типу. Переважно використовують ущільнювачі мулу радіального

Національний університет водного господарства та природокористування

типу, в яких активний мул отримують більш високої концентрації при меншій тривалості ущільнення, ніж у ущільнювачі мулу вертикального типу при рівних питомих опорах ущільненого мулу.

Мулова суміш з аеротенків ущільнюється швидше, ніж активний мул із вторинних відстійників. Активний мул неповного біологічного очищення ущільнюється швидше і краще, ніж активний мул повного біологічного очищення. При зниженні вмісту органічних речовин у твердій фазі неущільненого активного мулу шляхом аеробної стабілізації поліпшується його ущільнення. Сумісне очищення побутових і виробничих стічних вод може істотно змінити склад і властивості активного мулу, а отже, і здатність його до ущільнення [11].

Замість ущільнювачів мулу можна застосовувати згущення активного мулу в тарілчастих сепараторах або шляхом флотації стисненим повітрям. Внаслідок прискорення процесу згущення питомий опір згущеного активного мулу нижче, ніж ущільненого в ущільнювачах мулу, а концентрація вище (до 50 г/л).

Для ущільнення зброджених осадів використовують попередню промивку їх очищеною стічною або технічною водою. При промивці зброджених осадів частково видаляються колоїдні і дрібнодисперсні частки, завдяки чому скорочується витрата хімічних реагентів на коагуляцію і поліпшується їхнє ущільнення. Для зменшення виносу завислих речовин і скорочення тривалості ущільнення замість промивної води можна застосовувати розчин хлорного заліза.

Зміна об’єму осаду в залежності від його концентрації при видаленні вільної води ущільненням, згущенням або механічним зневоднюванням може бути визначена за формулою

$$V_2 = V_1 \frac{C_1}{C_2}, \qquad (11.3)$$

де V_1 н V_2 – відповідно початковий і кінцевий об’єм осаду: C_1 і C_2 – концентрація осаду до і після ущільнення.

Зброджування (процес мінералізації органічних речовин) застосовується для стабілізації осадів і запобігання їхнього загнивання. Воно може здійснюватися в результаті життєдіяльності як анаеробних, так і аеробних бактерій. При зброджуванні в анаеробних умовах органічні речовини розпадаються з утворенням основних кінцевих продуктів: метану CH_4, двоокису вуглецю CO_2 і води. Умовно прийнято, що розпад відбувається в двох фазах:

- гідроліз складних органічних речовин, у результаті якого утворюються жирні кислоти, спирти, альдегіди та ін.;
- перетворення цих проміжних речовин у метан, двоокис вуглецю, а також бікарбонати і карбонати.

Теоретично розпад беззольної речовини і вихід газу можна визначити за відомими формулами. Фактично розпад беззольної речовини і вихід газу значною мірою залежать від хімічного складу зброджуваного осаду. Вихід газу

Національний університет водного господарства та природокористування

в залежності від хімічного складу коливається від 5 до 20 м^3 на 1 м^3 осаду. При виході газу менше 10 – 12 м^3 на 1 м^3 осаду баланс тепла негативний навіть при мезофільному зброджуванні осаду. При виході газу менше 5 м^3 на 1 м^3 осаду зброджування практично припиняється [3].

Процес зброджування характеризується складом і об'ємом газу, що виділяється, лужністю мулової води і відсотком розпаду органічних речовин осаду. Склад газу, %: метан (CH_4) – 60 – 70, двоокис вуглецю (CO_2) – 16 – 34; азот (N_2) – 0 – 3; водень (H_2) – 0 – 3; кисень (O_2) – 0 – 0,3; окис вуглецю (CO) – 2 – 4. При нормальному протіканні процесу метанового зброджування мулова вода має pH>7, лужність 65 – 90 мг-екв/л, містить амонійного азоту 400 – 800 мг/л, жирних кислот до 5 – 12 мг-екв/л.

Гази в основному утворюються з вуглеводів, жирів і білків, що складають 80 – 85% загальної кількості органічних речовин осаду. Найбільша кількість газів утворюється внаслідок розпаду жирів. Швидкість процесу зброджування, крім того, залежить від температури, дози завантаження і вологості осаду, між якими існує прямолінійна залежність, що зберігається до визначених доз завантаження. При нормальному зброджуванні осаду розпадається 25 – 53% органічних речовин.

Анаеробні процеси зброджування осадів порушуються внаслідок збільшення добової дози завантаження, зміни температурного режиму і надходження з осадами токсичних речовин: іонів важких металів, сульфідів, ціанідів, фенолу, миючих засобів, сполук миш'яку, хрому та ін., а також органічних сполук, що важко піддаються біохімічному розкладанню.

Застосовують два режими зброджування осадів: мезофільний (33°С) і термофільний (53°С). При термофільному режимі зброджування забезпечується дегельмінтизація осаду і приблизно в 2 рази вище доза завантаження, ніж при мезофільному режимі, що дозволяє скоротити об'єми метантенків, у результаті чого знижуються капітальні витрати на їхнє будівництво.

Однак для зброджування в термофільних умовах потрібна велика витрата тепла, що на станціях аерації при наявності активного мулу, як правило, не покривається за рахунок спалювання газу, виділеного при зброджуванні суміші. Крім того, осади, зброджувані в термофільних умовах, значно гірше віддають воду і вимагають більш глибокої підготовки до механічного зневоднення.

При зброджуванні вологість осадів збільшується до 97%, їхній об'єм, незважаючи на деяке зменшення кількості твердої фази знижується незначно, а водовіддача в зв'язку зі збільшенням кількості дрібнодисперсних і колоїдних часток істотно погіршується.

Для зменшення об'єму осаду можна застосовувати двоступінчасте зброджування, однак і в цьому випадку для мулових майданчиків потрібні значні земельні ділянки.

Метанове зброджування осадів, що одержало широке поширення, відрізняється чутливістю до перевантажень і вибухонебезпечністю, воно може викликати отруєння людей при витоках газу. Крім того, при використанні

Національний університет водного господарства та природокористування

метанового зброджування підвищується опір осадів і потрібні значні капітальні й експлуатаційні витрати. У зв'язку з цим доцільність застосування зброджування осадів необхідно встановлювати з урахуванням властивостей осадів, умов утилізації газів і техніко-економічних показників [2,7].

Установки для аеробної стабілізації в порівнянні з установками для анаеробного зброджування простіші як у конструктивному відношенні, так і в експлуатаційному. Як правило, аеробна стабілізація осаду здійснюється у відкритих спорудах подібних до аеротенків. Ефективність аеробної стабілізації залежить від її тривалості, інтенсивності аерації, температури, конструкції споруд, складу і властивостей оброблюваних осадів.

Аеробній стабілізації можуть бути піддані надлишковий мул, сирий осад первинних відстійників і їхня суміш. Витрата повітря складає 1 – 1,5 $м^3$ на 1 $м^3$ зброджуваного осаду на 1 годину. Технологічний ефект, одержуваний при аеробній стабілізації, подібний до ефекту, отриманому при анаеробному зброджувані осадів. Тривалість процесу залежить від властивостей осадів і температури. При зниженні температури з 20 до 8°С тривалість процесу збільшується в 2,5 рази.

Аеробно-стабілізовані осади повинні відстоюватися впродовж 1,5 – 5 годин у спеціально виділеній відстійній зоні, що передбачається всередині аераційної споруди, або у відстійниках. *БПК* мулової води перебуває в межах 100 мг/л, а *ХПК* – 360–670 мг/л. Вологість осаду після відстоювання складає 95 –98% [7].

Аеробно-стабілізований неущільнений активний мул і суміш його з осадом первинних відстійників має кращу водовіддачу в порівнянні з сирим осадом. При стабілізації ж ущільненого активного мулу і його суміші з осадом первинних відстійників може збільшуватися питомий опір. Метод аеробної стабілізації найдоцільніше застосовувати для надлишкового неущільненого активного мулу і для суміші осаду первинних відстійників з надлишковим неущільненим активним мулом і фугатом від центрифугування осадів.

Навантаження на мулові майданчики при підсушуванні аеробно-стабілізованих осадів з мінімальним питомим опором при сприятливих кліматичних умовах може сягати 200 кг/$м^3$ на рік за сухою речовиною. При цьому необхідно:

а) проводити контроль за питомим опором осаду;

б) здійснювати процес мінералізації до стадії, що запобігає загниванню мулу;

в) влаштовувати мулові майданчики зі штучною основою та дренажем, замінюючи під час видалення осаду верхній шар піску, щоб уникнути кольматації основи.

За вмістом яєць гельмінтів і мікроорганізмів осад після аеробної стабілізації подібний до осаду, зброженому в мезофільних умовах.

Значні об’єми споруд, велика витрата електроенергії, залежність від кліматичних факторів обмежують застосування аеробної стабілізації.

Стабілізація осадів із запобіганням поширення запаху досягається обробкою їх вапном та доведенням *pH* до 10,5 – 11 і вище. При введенні в осади вапна істотно сповільнюються біологічні процеси розпаду органічної речовини, різко

Національний університет водного господарства та природокористування

скорочується вміст в осадах санітарно-показових мікроорганізмів і поліпшується їхня водовіддача. При введенні в осади негашеного вапна поряд з підвищенням *pH* зростає температура до 70°С і вище, що забезпечує дегельмінтизацію осадів.

У якості гравітаційних ущільнювачів мулу використовують відстійники вертикального і радіального типів. Радіальні ущільнювачі мулу повинні бути обладнані скребковими пристроями або всмоктувачами мулу. Недоліки гравітаційних ущільнювачів мулу – велика тривалість відстоювання (≥10 – 12 год) і висока вологість ущільненого мулу (≥97,5%) [9].

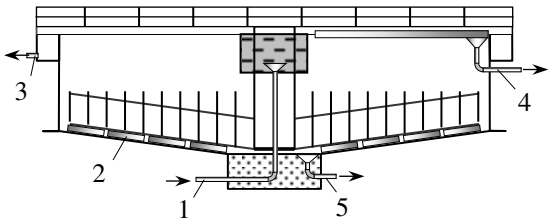


Рис. 11.1. Гравітаційний ущільнювач мулу зі стержневим змішувачем:
1 – трубопровід стічної води; 2 – шкребки зі стержневим змішувачем; 3 – трубопровід проясненої води; 4 – трубопровід для видалення плаваючих речовин; 5 – те ж, ущільненого осаду

При перемішуванні мулу відбувається укрупнення часток осаду, що сприяє швидшому їх осадженню.

11.2.2. Флотаційні ущільнювачі мулу

Флотаційні установки використовують для згущення мулової суміші з аеротенків і надлишкового активного мулу з вторинних відстійників після аеротенків. Застосовувані в практиці флотаційні установки працюють за принципом напірної флотації.

При напірній флотації частки активного мулу швидко піднімаються на поверхню флотатора в результаті їх прилипання до дрібних пухирців повітря, що виділяється при зниженні тиску до атмосферного. Диспергування повітря в муловому середовищі здійснюється двома способами: безпосереднім насиченням повітрям і шляхом використання робочої рідини (насиченої повітрям проясненої води після вторинних відстійників).

На рис. 11.2 представлений флотаційний ущільнювач, призначений для флотації мулової суміші з аеротенків. Надлишковий активний мул, попередньо насичений повітрям під тиском, рівномірно, по перетину флотатора, подається в простір між зонами флотації та відстоювання. Тривалість перебування активного мулу в флотаційній зоні становить 0,2-0,33 години. Насичений бульбашками повітря активний мул спливає і видаляється в жолоб рухомим скребком. Нижня частина флотатора (зона осадження) використовується для видалення великих частинок, що мають щільність понад 1,0. Тривалість перебування мулу в цій зоні 2-3 год. Частина осаду надлишкового мулу видаляється під гідростатичним тиском [5,9].

За питомої витрати повітря 10-15 дм^3 на кг сухої речовини активного мулу концентрація ущільненого активного мулу сягає 30-50 кг/м^3 за вмісту завислих речовин в проясненій воді 200-300 мг/л.

Національний університет водного господарства та природокористування

Гідравлічне навантаження на дзеркало води ущільнювача q_n, м^3/(м^2·год) рекомендується приймати в залежності від безрозмірного критерію $JC_м$ (де J – муловий індекс, см^3/г, визначається за початкової концентрації мулу 1 г/л; $C_м$ – концентрація мулової суміші, г/см^3):

$$q_n = 6(JC_м)^{-0,3} \quad ❋. \tag{11.4.}$$

Для стічних вод різних підприємств можуть бути прийняті наступні значення мулового індексу, см^3/г

нафтопереробний завод	70 – 100
хімічний комбінат	60 – 90
целюлозно-паперовий комбінат	100 – 130
завод синтетичного каучуку	40 – 70
комбінат штучного волокна	200 – 250

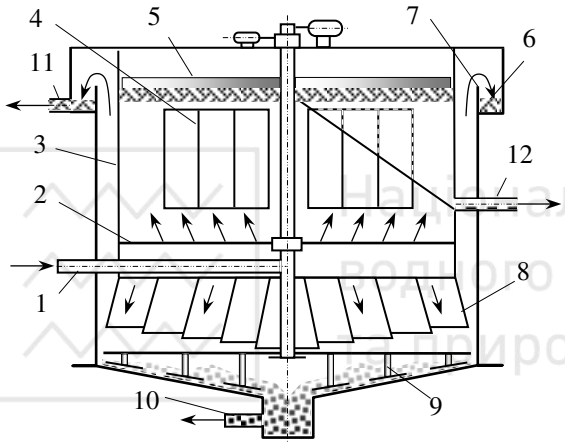


Рис. 11.2. Флотаційний ущільнювач: 1 – подача мулоповітряної суміші; 2 – обертовий дірчастий розподільник; 3 – периферійна перегородка; 4 – циліндричні перегородки; 5 – гребок; 6 – збірний лоток; 7 – кільцевий водозлив; 8 – конічні перегородки; 9 – скребковий пристрій; 10 – відвід мулу і спорожнювання ущільнювача; 11 – флотована фракція; 12 – прояснена вода

Для міських стічних вод муловий індекс приймається рівним 80 – 100 см^3/г.

Тривалість перебування мулу в зоні ущільнення T_y, складає 2 – 3 год, у зоні прояснення T_n = 0,2 – 0,33 год.

Кількість мулової суміші $Q_{м.с.}$, м^3/добу, що подається на флотатор, визначають за формулою

$$Q_{м.с.} = Q_{ств} / C_м, \tag{11.5}$$

де $Q_{ств}$ – кількість надлишкового мулу за сухою речовиною, т/добу.

Площа F, м^2, флотатора дорівнює

$$F = \frac{Q_{м.с.}}{14 q_n}. \tag{11.6}$$

Висота зони прояснення H_0, м:

$$H_n = T_n / q_n. \tag{11.7}$$

Концентрація ущільненого мулу C_y, г/л, складе

❋ [6] *та за розрахунками авторів.*

Національний університет водного господарства та природокористування

$$C_y = \frac{114T_y^{0,13}}{T_y^{-0,1} + 0{,}014J}\ ^{**}. \qquad (11.8)$$

На рис. 11.3 представлений флотатор, призначений для флотації мулу з відстійників. Для диспергування повітря в цьому флотаторі використовується попередньо насичена робоча рідина. Вихідний активний мул по трубопроводу 2 подається у верхню частину розподільного пристрою 4 і через дірчасті труби 3 надходить в флотатор. Робоча рідина по трубопроводу 1 подається в нижню частину розподільного пристрою і через дірчасті труби 3 також надходить у флотатор. Прояснена рідина відводиться з флотатора по трубопроводу 5. Флотований мул відводиться шкребком 7 у периферійний лоток 8.

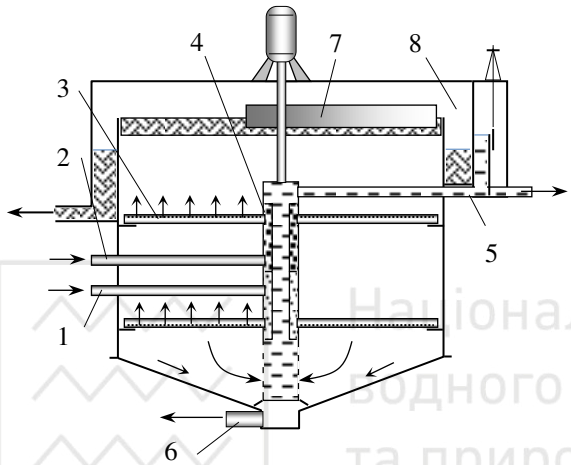


Рис. 11.3. Флотаційний ущільнювач НУВГП:
1 – подача водоповітряної суміші; 2 – подача вихідного мулу; 3 – дірчасті труби; 4 – розподільний пристрій: 5 – відвід проясненої рідини; 6 – спорожнювання ущільнювача: 7 – гребок; 8 – периферійний лоток

Насичення мулового середовища повітрям може здійснюватися в напірному баці від окремого компресора. Прояснена у флотаторі рідина приділяється в канал перед аеротенками.

На відміну від гравітаційного ущільнювач мулу тривалість ущільнення у флотаційному ущільнювачі мулу менша (до 3…4 год) і нижча вологість ущільненого осаду (95…96%). У зв'язку зі скороченням об'єму ущільненого мулу знижуються витрати на його наступну обробку.

Недолік флотаційного ущільнювача мулу – подача мулової суміші або робочої рідини у флотатор насосом через напірний бак. Напір насоса повинен бути не меншим від 50…60 м. При подачі повітря через ежектор у всмоктувальну трубу насоса, продуктивність насоса знижується на 10…15%.

Застосування гравітаційного або флотаційного ущільнювача мулу повинно бути обґрунтоване техніко-економічними показниками.

11.2.3. Установки для згущення осадів у сепараторах

На станціях аерації для згущення осадів застосовують тарілчасті соплові сепаратори і згущувальні центрифуги; в цьому випадку в порівнянні з гравітаційним і флотаційним ущільненням скорочуються необхідні площі та

** [6] *та за розрахунками авторів. Для 0,25≤T≤2,0 год*

Національний університет водного господарства та природокористування

об'єми споруд, а також об'єми згущеного осаду (рис.11.4) [3,9].

У тарілчастих сепараторах відбувається поділ активного мулу в тонких шарах міжтарілчастого простору, що дозволяє підвищувати концентрацію до 3-4% з ефективністю затримання сухої речовини до 94-95%. Однак ці сепаратори складні за конструкцією і незручні в експлуатації, тому що відбувається засмічення сопел і міжтарілчастого простору. Більш ефективними є сепаратори з безперервним гідромеханічним вивантаженням, у яких активний мул згущуються до концентрації 40 – 50 кг/м^3 при ефективності затримки сухої речовини в середньому 97%.

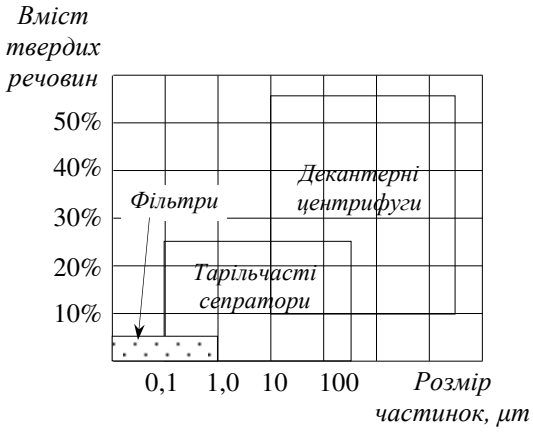


Рис. 11.4. Зони застосування сепараційного обладнання

Згущення активного мулу на осаджувальних шнекових центрифугах дозволяє досягати концентрації 4 – 7% при ефективності затримання сухої речовини 80 – 98%.

Сепаратори застосовують для згущення активного мулу і фугату після шнекових центрифуг (рис.11.5, 11.6).

Рідинні сепаратори з тарілчастими вставками мають однакові пристрої робочого органу (рис. 11.5).

Такі сепаратори призначені для трифазного розділення суспензії. Так, сепаратори FLOTTWEG спроможні розділити дві нерозчинні одна в одній рідини за одночасного відокремлення твердої фази (вода, рідина з густиною відмінною від води, дисперсні частки домішок).

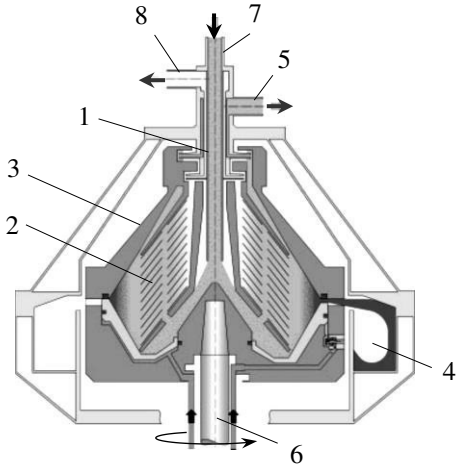


Рис. 11.5. Схема рідинного сепаратора:
1 – надходження мулу: 2 – пакет тарілок: 3 – барабан; 4 – збірник кеку; 5, 8 – відокремлена рідина; 6 – вал; 7- подача продукту

Принцип дії цих сепараторів заснований на тому, що частки, завислі в рідині, у міжтарілочному просторі піддаються дії двох сил, з яких одна спрямована радіально до периферії ротора, а інша – до центра. Під дією рівнодіючої цих сил частинки осаджуються на внутрішній поверхні

Національний університет водного господарства та природокористування

пакета тарілок 2. Утворений кек під дією відцентрової сили спрямовується до периферії ротора, де накопичується в збірнику 4 і вивантажується періодично або безупинно через сопла. Прояснена рідина (фугат) протилежним потоком виноситься до осі обертання сепаратора і виводиться назовні через трубу 5.

У безупинно діючих сепараторах із сопловим вивантаженням вихідну суспензію можна ущільнювати лише до пастоподібного продукту, тому що більш сухий кек забиває сопла.

Більш надійне вивантаження кеку досягається в саморозвантажуваних тарілчастих сепараторах з автоматичним пульсуючим вивантаженням зневодненого осаду. У цих сепараторах зневоднений осад збирається в спеціальних бункерах, з яких вивантажується автоматично через визначений заздалегідь встановлений інтервал часу. Оскільки концентрація вихідного осаду змінюється, визначений час між розвантаженням часто виявляється або недостатнім для зневоднювання осаду, або надмірним, що перешкоджає нормальній роботі вивантажувального пристрою.

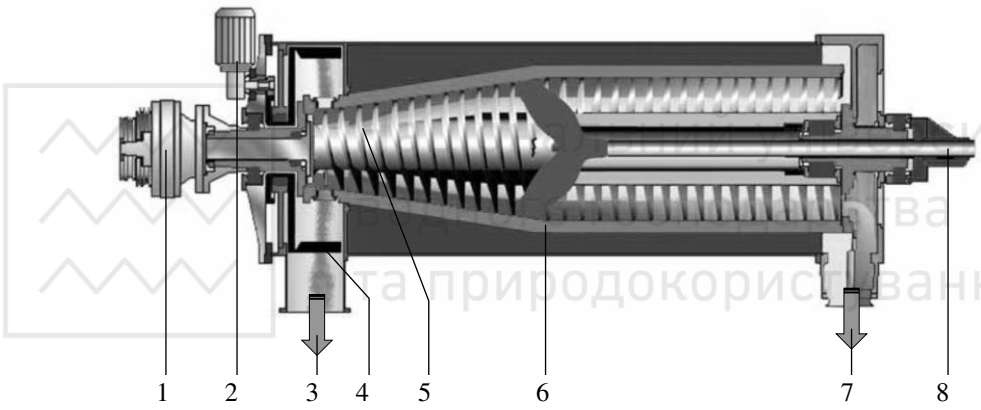


Рис. 11.6. Декантерна центрифуга:
1, 2 – двигун; 3 – вихід кеку; 4 – гребок; 5 – шнек; 6 – барабан; 7 – вихід фугату; 8 – подача осаду

Для нормальної роботи сепараторів даного типу необхідно витримувати визначений інтервал між вивантаженням кеку, щоб уникнути переповнення ротора. Тривалість безперервної роботи сепаратора між вивантаженням ротора T, хв, залежить від кількості завислих речовин і продуктивності сепаратора

$$T = \frac{6000V}{QE}, \tag{11.9}$$

де V – шламовий об'єм ротора, л; Q – продуктивність сепаратора, л/год; E – кількість кеку, % кількості що згущуваного мулу.

При використанні сепараторів соплового типу велике значення має діаметр сопел. Сопла діаметром 1,2 мм швидко замулюються, при збільшенні ж діаметра сопел підвищується вологість кеку і збільшується винос завислих

Національний університет водного господарства та природокористування

речовин зі зливом. На сепараторах із сопловим вивантаженням активний мул згущується до концентрації 20 – 30 кг/м^3.

Злив після сепараторів направляється на очисні споруди. Для забезпечення усталеної роботи сепараторів необхідно встановлювати барабанні сітки, що затримують частки крупністю понад 0,5 мм.

11.3. Метантенки

Метантенк являє собою циліндричний резервуар з конічним днищем і герметичним перекриттям, у верхній частині якого є ковпак для збору газу (рис.11.6) [7].

Об'єм метантенків *V,* м^3, визначають у залежності від фактичної вологості осаду по добовій дозі завантаження:

$$V = 100K_{заг} / Д\,, \qquad (11.10)$$

де $K_{заг}$ – кількість осадів, що надходять за 1 добу у метантенки, м^3: Д – добова доза завантаження в метантенк, % (табл. 11.3).

Розпад беззольної речовини осаду $R_{оз}$, %, в залежності від дози завантаження визначають за формулою

$$R_{оз} = a - n_1 Д\,, \qquad (11.11)$$

де а – максимально можливе зброджування беззольної речовини осаду, %: n_1, – коефіцієнт, що залежить від вологості осаду (табл. 11.3).

Таблиця 11.3

Добова доза Д завантаження в метантенк осаду і значення коефіцієнта n_1

Режим зброджування	Температура зброджування, ºС	Вологість завантажуваного осаду, %				
		93	94	95	96	97
Добова доза завантаження						
Мезофільний	33	7	8	9	10	11
Термофільний	53	14	16	18	20	22
Коефіцієнт n_1						
Мезофільний	33	1,05	0,89	0,72	56	0,4
Термофільний	53	0,455	0,385	0,31	0,24	0,17

Максимально можливе зброджування беззольної речовини осаду *а*, %, можна визначати за виразом:

$$a = (0{,}92Ж + 0{,}62У + 0{,}34Б)100\,, \qquad (11.12)$$

де Ж, У, Б – вміст жирів, вуглеводів і беззольної речовини осаду.

При відсутності даних про хімічний склад осаду допускається приймати: для осадів з первинних відстійників a_o=53%, для надлишкового активного мулу a_u=44%

Національний університет водного господарства та природокористування

Величину *а* для суміші осадів визначають за формулою

$$a_c = (0{,}53O_{бз} + 0{,}44M_{бз}) / K_{бз}, \qquad (11.13)$$

де $O_{бз}$, $M_{бз}$ $K_{бз}$ $\%_з$ – кількість беззольної речовини осаду, мулу і суміші осадів, т/добу.

Вихід газу з метантенків приймається рівним 1 г на 1 г беззольної речовини осаду, що розпалося. Густина газу 1 кг/м^3.



Рис. 11.6. Загальний вигляд метантенків

Для стічних вод, що містять СПАР, добову дозу завантаження *Д*, прийняту по табл. 11.3, перевіряють за виразом

$$Д = \frac{10q}{C_1(100 - p)}, \qquad (11.14)$$

де C_1 – вміст СПАР в осаді, мг/м^3 сухого осаду; q – припустима величина навантаження на робочий об'єм метантенка впродовж 1 доби, прийнята рівною 40 г/м^3 для алкілбензолсульфанолів з прямим алкільним ланцюгом; 85 г/м^3 – для інших «м'яких» і проміжних аніонних ПАВ; 65 г/м^3 – для аніонних СПАР в побутових стічних водах; р – вологість осаду, що завантажується.

У районах із середньорічною температурою повітря не нижчою від 6°С при обґрунтуванні можна застосовувати двоступінчасті метантенки, що дозволяє значно знизити об'єм осаду. При цьому метантенки першого ступеня проектують на мезофільне зброджування. Метантенки другого ступеню передбачають у вигляді відкритих резервуарів, що не підігріваються. Об'єм метантенків другого ступеня розраховують виходячи з дози добового

Національний університет водного господарства та природокористування

завантаження, рівної 4%. Випуск мулової води з метантенків другого ступеня необхідно передбачати на різних рівнях по висоті споруд, видалення осаду зі збірного приямка – під гідростатичним напором не меншим від 2 м.

Вміст аніонних СПАР мг на 1 г сухої речовини осаду можна визначити за виразом:

$$C_1 = 1{,}2C_0^{\alpha} \quad ^{*}, \tag{11.15}$$

де α – емпіричний коефіцієнт. для осадів з первинних відстійників α=0,87; для надлишкового активного мулу α =0,65.

Вологість осаду, що вивантажується з метантенків другого ступеня, приймається рівною: при зброджувані осаду з первинного відстійника – 92%, при зброджувані суміші осаду з активним мулом – 93 – 94%.

У районах із середньомісячною температурою повітря найхолоднішого місяця року біля – 5°С може бути застосоване одноступінчате зброджування у відкритих метантенках без підігріву. Об'єм такого метантенка складається з чотирьох умовних об'ємів (рахуючи зверху):

W_1 – об'єм висотою 0,5 – 1 м для утворення плаваючої кірки, необхідної для захисту від охолодження в зимовий час;

W_2 – об'єм для мулової води, прийнятий рівним об'єму мулової води, що виділилася за 14 діб. Добовий об'єм мулової води визначають як різницю між об'ємом свіжого осаду і цілком збродженого й ущільненого осаду;

W_3 – об'єм для протікання процесу зброджування, визначений за виразом (11.16);

W_4 – об'єм для збереження і додаткового ущільнення збродженого осаду. Об'єм цього шару залежить від способу видалення і подальшого використання зброджених осадів. З досвіду експлуатації подібних споруд цей об'єм розраховують на 60 діб.

Об'єм W_3, м^3, визначають за формулою

$$W_3 = W_o + W_c T + \frac{W_o - W_c}{2{,}3K}(1 - 10^{-Kt}), \tag{11.16}$$

де W_o – добовий об'єм незбродженого осаду, м^3; W_c – добовий об'єм збродженого й ущільненого осаду при вологості 94%, м^3; Т – тривалість зброджування, діб: при t=15°С Т – 40 діб; t – середньомісячна температура осаду в метантенку в зимовий період, t~15°С; К – коефіцієнт швидкості реакції: при t=15°С К=0,03.

11.4. Газгольдери

З огляду на нерівномірність виходу газу з метантенків, з метою максимального його використання на майданчиках очисних споруд установлюють мокрі одноланкові газгольдери, що дозволяють підтримувати

* [6] *та за розрахунками авторів.*

Національний університет водного господарства та природокористування

постійний тиск у газовій мережі (рис.11.7). Об'єм газгольдерів призначають відповідно до графіка виходу і споживання газу. При відсутності графіка приймають об'єм, рівний 2 – 4 – годинному виходові газу. Установлюють газгольдери на тупиковому відгалуженні газової мережі [3].

Вхід – вихід газу, води і пари проводиться через газовий ввід, що складається з утепленої будки-камери, внутрішнього заглибленого приямку і залізобетонного тунелю під газгольдером. У будці-камері газового вводу розміщені: гідравлічний затвор, що використовується також і для збору конденсату, зливальний бак, клапанна коробка автоматичного скиду газу, контрольно-вимірювальні прилади, засувки на вводі водопроводу і зливній трубі.

Розрахунковий тиск газу під колоколом газгольдерів складає 150 – 400 мм вод. ст.

Температура в камері вводу і води в резервуарі повинна бути не меншою від 5°С. Камера повинна бути обладнана вентиляцією з 12 – кратним обміном повітря. Для роботи газгольдера необхідна постійна подача 3 – 5 м^3/год води, що витрачається в клапанній коробці автоматичного скидання газу і на поповнення резервуару.



Рис.11.7. Загальний вигляд газгольдерів

Відстань від газгольдера до котельні й інших приміщень повинна бути не меншою від 30 м і не меншою від висоти димаря, до майданчикових доріг – не меншою від 20 м, відстань між газгольдерами – не меншою від 1/2 суми їхніх діаметрів.

11.5. Аеробні стабілізатори осадів

Аеробна стабілізація осадів здійснюється у відкритих спорудах типу аеротенків (стабілізаторах). Основними розрахунковими параметрами процесу є тривалість стабілізації і витрата повітря [7].

Тривалість стабілізації t_{20} надлишкового активного мулу міських і близьких

Національний університет водного господарства та природокористування

за складом промислових стічних вод при розрахунковій температурі 20°С визначають за виразом:

$$t_{20} = 1 + 5L, \tag{11.17}$$

де L – навантаження на аеротенк, г БПК/г мулу на 1 добу.

При іншій розрахунковій температурі тривалість стабілізації t_T обчислюють за виразом:

$$t_T = t_{20} 1{,}08^{(T-20)}, \tag{11.18}$$

де T – розрахункова температура, °С.

На аеробну стабілізацію допускається направляти неущільнений або ущільнений активний мул, а також суміш його з сирим осадом. Тривалість такого ущільнення сягає до 5 год. Для здійснення процесу застосовують споруди типу коридорних аеротенків. Тривалість аерації для неущільненого активного мулу приймають – 2-5 доби.; для суміші осаду первинних відстійників і неущільненого мулу – 6-7 діб.; для суміші осаду і ущільненого активного мулу – 8-12 діб (при температурі 20 °С). За більш високої температури осаду тривалість аеробної стабілізації зменшують, а при меншій - збільшують. При зменшені температури на 10 °С тривалість стабілізації відповідно змінюється в 2 - 2,2 рази.

Аеробна стабілізація осаду може протікати в діапазоні температур 8-35 °С.

Для осадів виробничих стічних вод тривалість процесу визначають експериментальним шляхом.

Витрата повітря на аеробну стабілізацію приймають 1-2 м^3/год на 1 м^3 місткості стабілізатора в залежності від концентрації осаду (99,5-97,5%). При цьому інтенсивність аерації становить не менше 6 м^3/(м^2·год). Ущільнення аеробно стабілізованого осаду (тривалість стабілізації не більше 5 год) передбачують в окремо розташованих мулоущільнювачах, або в спеціально виокремленній зоні всередині стабілізатора. Вологість ущільненого осаду повинна бути 96,5-98,5%.

Мулову воду з ущільнювачів направляють в аеротенки. Її забруднення за $БПК_{повн}$ приймають 200 мг/л, за зваженими речовинами - до 100 мг/л.

Процес аеробної стабілізації може здійснюватися за декількома технологічними схемами (рис. 11.8). Для очисних споруд без первинних відстійників рекомендується застосовувати схему 1, відповідно до якої надлишковий активний мул, що утворюється в результаті очищення невідстояної стічної води, надходить у стабілізатор або безпосередньо з вторинного відстійника (схема 1а), або після попереднього згущення в ущільнювач мулу (схема 1б).

При використанні схеми 2 осад з первинних відстійників може подаватися в стабілізатор або зброджується в метантенках. Варіант роздільної обробки осадів найбільш доцільний при розширенні очисних споруд. При цьому осад з

Національний університет водного господарства та природокористування

первинних відстійників подається в існуючі метантенки, а надлишковий мул – у стабілізатори [9].

Для одержання стабілізованого осаду з добрими фільтраційними властивостями процес аеробної стабілізації рекомендується проводити за схемою 3, відповідно до якої в стабілізатор подають осад з первинних відстійників і неущільнений активний мул. Стабілізований осад направляється в ущільнювач, звідки основна частина його поступає в голову стабілізатора (рециркуляція не менш 100%), а менша частина направляється на наступну обробку. При використанні цієї схеми осад промивається великою кількістю води, внаслідок чого істотно поліпшується його водовіддача. Крім того, завдяки скороченню часу перебування осаду в стабілізаторі зменшується охолодження його в зимовий період. Доцільно передбачати таку систему комунікацій, що дозволила б у залежності від конкретних умов застосувати схеми 2 і 3.

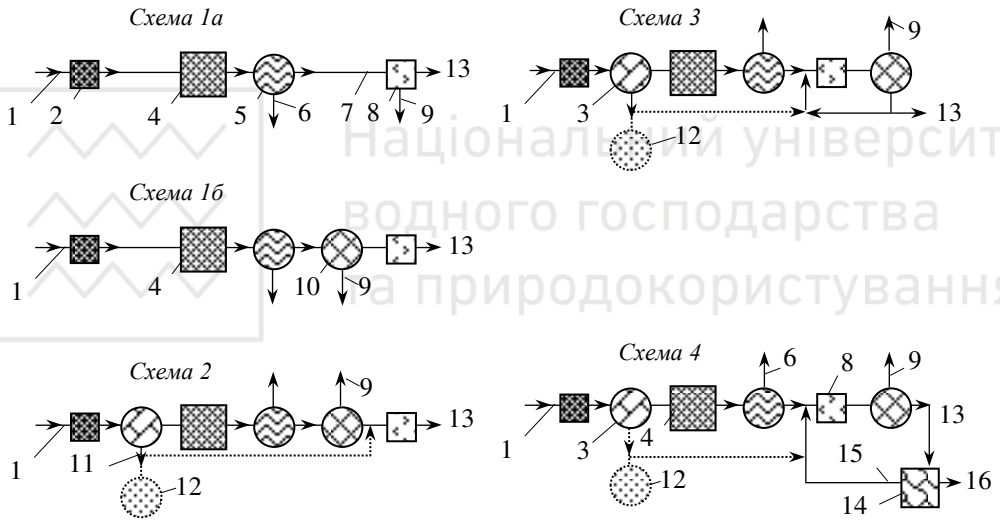


Рис. 11.8. Схеми процесу аеробної стабілізації мулу:
1 – подача стічної води; 2 – грати, піскоуловлювач; 3 – первинний відстійник; 4 – аеротенк; 5 – вторинний відстійник: 6 – очищений стік; 7 – надлишковий активний мул; 8 – стабілізатор; 9 – мулова вода; 10 – ущільнювач; 11 – осад з первинного відстійника; 12 – метантенк: 13 – стабілізований осад; 14 – центрифуга; 15 – фугат; 16 – зневоднений осад

Становить інтерес схема 4 з використанням центрифуг, коли стабілізований осад зневоднюється на центрифузі, а фугат повертається в стабілізатор. Конструкція стабілізатора відрізняється від аеротенка в основному тим, що оброблювані осади вводяться в стабілізатор в одній точці, а аератори розміщаються по всій довжині стабілізатора від торця до торця. Приймається не менш двох робочих стабілізаторів.

Національний університет водного господарства та природокористування

11.6. Утилізація осадів стічних вод

Утилізація осадів стічних вод створює необмежені можливості для перетворення відходів у корисну сировину, з якої можна одержувати цінні продукти, енергію. На рис. 11.9 приведена класифікація основних напрямків утилізації осадів стічних вод.

В активному мулі міститься багато білкових речовин (37 – 52% у перерахуванні на абсолютно суху речовину), майже всі життєво важливі амінокислоти (20 – 35%), мікроелементи вітаміни групи *B* та ін.

Отриманий в метантенках біогаз після певної технології його підготовки можна використати на генерування електричної енергії (рис.11.10). Кількості такого біогазу нерідко вистачає для забезпечення станції біологічного очищення стічних вод на 50…70% потреб в електричній енергії.

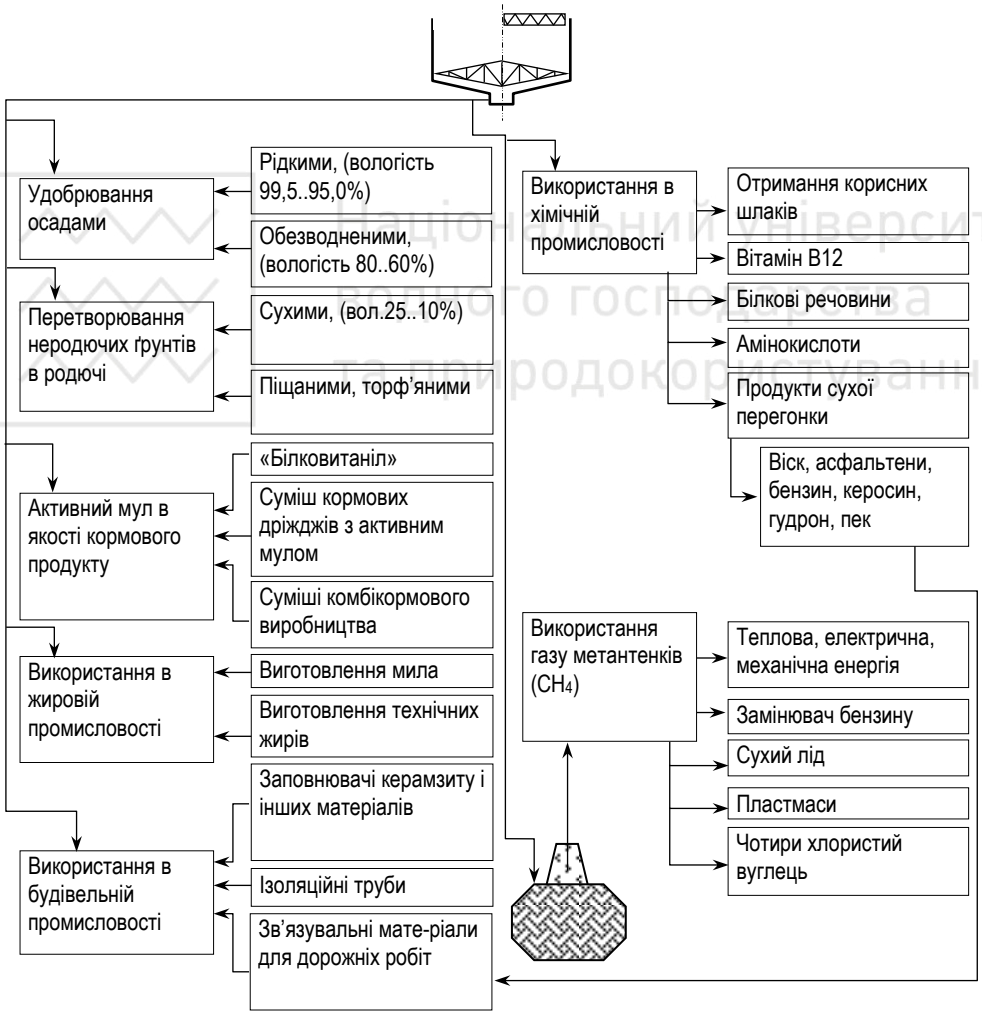


Рис. 11.9. Схема утилізації осадів стічних вод [6]

Національний університет водного господарства та природокористування

Таблиця 11.4

Склад осадів стічних вод і гною (% маси сухої речовини)

Добриво	Азот загальний N	Фосфор загальний P_2O_5	Валовий вміст		
			калію K_2O	кальцію Ca	магнію Mg
Сміття міста	1,64	1	0,3	–	–
Перегній	1.49	1,22	–	1,89	0,62
Сміття міста	1,64	1	0,3	–	–
Сирий осад (з відстійників)	3,2	1.6	0,16	–	–
Осад з мулових майданчиків:					
зброджений	3,02	2,33	0,21	3.48	–
зброджений разом з активним мулом	3,03	3,7	0,18	3,29	
Осад, зброджений після термічного сушіння	1,96	3,92	0,0072	5,21	5,81

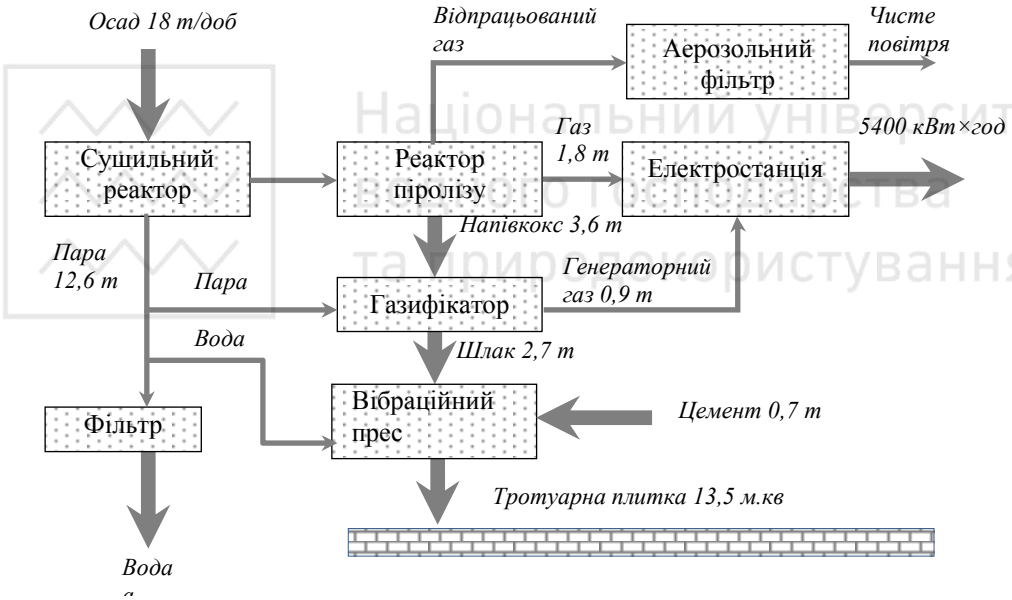


Рис. 11.10. Блок-схема технології утилізації осаду без застосування мулових майданчиків для продуктивності за обезводненим осадом 18 т/доб вологістю 70% [13]

11.7. Установки механічного зневоднювання осадів

11.7.1. Загальні відомості

Видалення вологи з осадів механічним шляхом є найбільш економічним і розповсюдженим методом зниження їхньої вологості, маси та об'єму. Для механічного зневоднювання осадів застосовуються вакуум-фільтри, фільтрпреси й осаджувальні горизонтальні центрифуги зі шнековим

Національний університет водного господарства та природокористування

вивантаженням осаду [2,4].

Для ефективного зневоднювання на вакуум-фільтрах і фільтрпресах осади необхідно попередньо обробити хімічними реагентами, що дозволить укрупнити дрібнодисперсні й колоїдні частки й перевести частину зв'язаної вологи у вільний стан. В якості реагентів для коагуляції осадів при зневоднюванні на барабанних вакуум-фільтрах і камерних фільтрпресах застосовуються хлорне або сірчанокисле залізо й вапно. Дози хімічних реагентів для коагуляції осадів залежать від питомого опору осадів: чим він вищий, тим більше реагентів потрібно для його зниження. Дози хімічних реагентів у кожному конкретному випадку встановлюються експериментальним шляхом за кривими зниження питомого опору осаду. При зневоднюванні осадів на вакуум-фільтрах доза вапна за активною його частиною (*CaO*) *D*,% маси сухої речовини осаду, може бути визначена за формулою

$$D = 0{,}3 \cdot \left(\sqrt{R} + \sqrt{B / C + 0{,}001 \cdot Л}\right), \qquad (11.19)$$

де R – приведене значення опору осаду, см/г ($R=r\cdot10^{-10}$, тут r – питомий опір осаду); B – вологість осаду, %; C – концентрація сухої речовини осаду, %; Л – лужність осаду до коагуляції, мг/л.

Доза хлорного заліза становить 30 – 40% обчисленої за формулою (11.23) дози *CaO*.

Витрати на хімічні реагенти для коагуляції осадів становлять основну частину експлуатаційних витрат з зневоднювання осадів на вакуум-фільтрах і фільтрпресах, тому доза коагулянту повинна бути мінімальною, але в той же час повинна забезпечувати достатню продуктивність фільтрів і задовільне відділення зневодненого осаду від фільтрувальної тканини. Вакуум-фільтри працюють стійко при зниженні питомого опору осадів до значень, зазначених у табл. 11.5 [6].

Таблиця 11.5

Значення питомого опору осадів, що забезпечують стійку роботу вакуум-фільтрів

Вид осаду	Питомий опір осаду $R=r\cdot10^{-10}$ см/г	
	вихідного (або промитого)	після коагуляції
Зброджений	2000 – 10000	10 – 60
Сирий надлишковий активний мул (ущільнений)	1000 – 5000	10 – 50
Сирий, первинних відстійників	50 – 1000	5 – 40

Для зниження питомого опору збродженого осаду, а отже, і скорочення витрати хімічних реагентів на його коагуляцію (приблизно в 2,5 – 3 рази) зброджений осад доцільно промивати очищеною стічною рідиною або технічною водою. Кількість промивної води залежить від виду збродженого

осаду і його питомого опору й становить 1 – 4 $м^3$ на 1 $м^3$ осаду. При відсутності значень питомого опору осадів дози реагентів (% маси сухої речовини осаду) при підготовці до вакуум-фільтрації орієнтовно приймаються наступними: для зброджeного промитого осаду первинних відстійників – $FeCl_3$ – 3 – 4, CaO – 8 – 10; для зброджeної промитої суміші осаду первинних відстійників і надлишкового активного мулу – $FeCl_3$ – 4 – 6; CaO – 10 – 15; для сирого осаду первинних відстійників – $FeCl_3$ – 2 – 3,5; CaO – 6 – 9; для суміші сирих осадів первинних відстійників і ущільненого надлишкового активного мулу – $FeCl_3$ – 3 – 5, CaO – 9 – 13; для ущільненого активного мулу з аеротенків на повну очистку – $FeCl_3$ – 6 – 9, CaO – 17 – 25.

Для нормального відділення зневоднених осадів від поверхні фільтрувальної тканини барабанних вакуум-фільтрів вологість їх не повинна перевищувати: сирих осадів з первинних відстійників – 72 – 75%, ущільненого активного мулу – 85 – 87%, суміші осаду з первинних відстійників і активного мулу – 75 – 80%, зброджeного осаду з первинних відстійників – 75 – 77%, зброджeної суміші осаду з первинних відстійників і ущільненого активного мулу – 78 – 80%.

Установки механічного зневоднювання осадів крім основних апаратів повинні включати допоміжне устаткування як для підготовки осадів до зневоднювання (промивання, ущільнення, видалення великих включень, перекачування, готування й дозування реагентів і т.п.), так і для відведення фільтрату (фугату) і транспортування зневоднених осадів. Вони повинні мати пульти управління й контрольно-вимірювальні прилади.

11.7.2. Установки з вакуум-фільтрами

Для зневоднювання більшості видів осадів стічних вод застосовують вакуум-фільтри безперервної дії. Робочий цикл вакуум-фільтрів включає наступні операції: фільтрування, зневоднювання (просушку), видалення зневодненого осаду, регенерацію фільтрувальної тканини [9,11].

Фільтрування й зневоднювання здійснюють під дією вакууму. При цьому на фільтрувальній тканині спочатку утворюється шар відфільтрованого осаду, що потім зневоднюється (просушується) атмосферним повітрям. Фільтрат (рідка фаза) видаляється через вакуумну лінію.

Видалення зневодненого осаду з поверхні фільтрувальної тканини здійснюється за допомогою різних механічних пристроїв або продувкою стисненим повітрям. Регенерація тканини здійснюється з метою відновлення фільтруючої здатності продувкою стисненим повітрям або промивкою.

У деяких конструкціях фільтрів після проведення першого просушування осадів передбачена можливість їхньої промивки та другого просушування.

Для зневоднювання осадів стічних вод використовують вакуум-фільтри із зовнішньою фільтруючою поверхнею: барабанні, дискові й стрічкові.

Барабанні вакуум-фільтри застосовують для зневоднювання осадів з однорідною крупністю і невисокою швидкістю осадження твердих часток. Барабанний вакуум-фільтр типу БОУ (рис.11.11) складається з горизонтально

Національний університет водного господарства та природокористування

розташованого обертового циліндричного барабана, частково зануреного в корито з осадом. Барабан фільтра порожній з подвійними бічними стінками. Внутрішня стінка суцільна, а зовнішня перфорована, обтягнута фільтрувальною тканиною. Кільцевий простір між стінками розділено по окружності барабана на окремі секції, число яких може становити від 16 до 32. Кожна секція має відвідний колектор з виходом в один з торців барабана в спеціальну цапфу, до якої притиснута нерухома розподільча голівка. При обертанні барабана секції послідовно переходять із однієї робочої зони фільтра в іншу, сполучуючись при цьому з певними камерами розподільчої голівки.

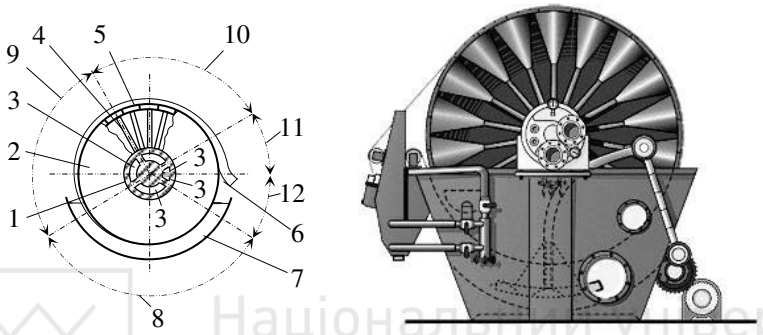


Рис. 11.11. Барабанний вакуум-фільтр:
1 – розподільна голівка; 2 – циліндричний барабан; 3 – камери розподільної голівки; 4 – колектор, що відводить; 5 – секція; 6 – ніж для знімання осаду; 7 – корито з осадом; 8 – зона фільтрування; 9 – зона першого просушування; 10 – зона промивання й просушування; 11 – зона знімання осаду; 12 – зона регенерації тканини.

У зоні 8 осад, що перебуває в кориті, фільтрується через тканину під дією вакууму. На поверхні фільтра утворюється шар відфільтрованого осаду, а фільтрат через відвідний колектор, а потім через камеру сполучену з вакуумною лінією, відводиться з фільтра. При переході в зони 9 і 10 осад просушується атмосферним повітрям, що витісняє під дією вакууму вологу з пор осаду. Фільтрат і повітря відводяться із секцій у загальну вакуумну лінію. У зоні знімання осаду 11 у секції надходить стиснене повітря, що сприяє відділенню осаду від тканини. Зневоднений осад ножем 6 скидається на конвеєр. У зоні 12 протікає регенерація тканини стисненим повітрям або паром.

Фільтри БОУ мають змінну частоту обертання барабана від 0,13 – 0,43 до 1,8 – 2 об/хв. Продуктивність фільтрів тим більша, чим вища швидкість обертання барабана й тонший шар відфільтрованого осаду (табл..11.6). Однак максимальна швидкість обертання барабана обмежена через необхідність одержання шару осаду товщиною не менш 5 мм.

При зневоднюванні деяких видів осадів, особливо осадів після реагентної обробки, фільтрувальна тканина швидко забивається. Її періодично (через кожні 8 – 24 год) промивають водою, інгібованою кислотою або розчином миючих засобів.

Національний університет водного господарства та природокористування

Більш досконалі за конструкцією барабанні вакуум-фільтри з східним полотном. Вони обладнані спеціальною камерою, у якій фільтрувальна тканина постійно промивається водою або слабким розчином інгібованої соляної кислоти. Перевагою цих фільтрів є не тільки задовільна регенерація тканини, але й можливість відокремлювати від неї досить тонкі шари осаду, внаслідок чого можна збільшити швидкість обертання барабана і підвищити продуктивність фільтра в 1,5 – 2 рази.

Таблиця 11.6

Показники роботи барабанних вакуум-фільтрів

Осад стічних вод	Доза хімічних реагентів за активною частиною, % маси сухої речовини осаду	Вихідна вологість осаду, %	Вологість зневодненого осаду, %
Міських	$FeCI_3$ – 2 – 9; CaO – 6 – 25	93 – 97,5	72 – 87
Установок уловлювальних сірку агломераційних фабрик	–	50 – 90	27
Станцій нейтралізації метало-обробних підприємств	–	84 – 92	66 – 87
Акумуляторних заводів	ПАА – 0,1 – 0,16	94 – 95	78 – 81
Підприємствах обробки кольорових металів	CaO – 2	98	42
Цехів гальванічного покриття машинобудівних заводів	ПАА – 0,1 – 0,33	95	81 – 85
Виробництва фосфорних добрив	–	90 – 96	76 – 80
Целюлозно-паперових підприємств	$FeCl_3$ –10; CaO –20	96 – 98	87 – 95
Фабрик первинної обробки вовни	$Al_2(SO_4)_3$ – 3 – 6; CaO – 10 – 13	98,6	52 – 58
Гідролізно-дріжджових заводів	$FeCl_3$ – 2; CaO–15	92 – 96	73 – 75
Виробництва пластмас (галаліт – пластмаса з казеїну)	–	96 – 97,5	84
Нафтопереробних заводів	$FeCl_3$ або $FeSO_4$ –2 – 6; CaO – 2 – 5	96,4	85 – 87

Дискові вакуум-фільтри (рис. 11.12) відрізняються від барабанних більшою площею поверхні фільтрування й застосовуються для обробки більших об'ємів осадів. Область застосування дискових вакуум-фільтрів і показники їхньої роботи (питома продуктивність і вологість зневодненого осаду) такі ж, як і барабанних вакуум-фільтрів. Найбільшого поширення дискові фільтри набули при обробці осадів стічних вод підприємств чорної металургії та вугільної промисловості.

Фільтрувальні елементи цих фільтрів виконані у вигляді вертикальних дисків, обтягнутих по обидва боки тканиною. Диски кріпляться на горизонтальному валу, усередині якого розташовані відвідні колектори. Кількість дисків у фільтрі коливається від 2 до 12, а загальна площа поверхні фільтрування – від 9 до 102 м^2.

Національний університет водного господарства та природокористування

Розподільчий пристрій подібний до розподільчого пристрою барабанних вакуум-фільтрів. У невеликих фільтрах розподільчий пристрій установлюється на одному кінці вала, а в більших – розподільчі пристрої встановлюються на обох кінцях вала.

До переваг дискових фільтрів варто віднести значну площу поверхні фільтрування, що припадає на одиницю площі, займаної фільтром, тому установка таких фільтрів особливо доцільна в цехах з обмеженою виробничою площею.

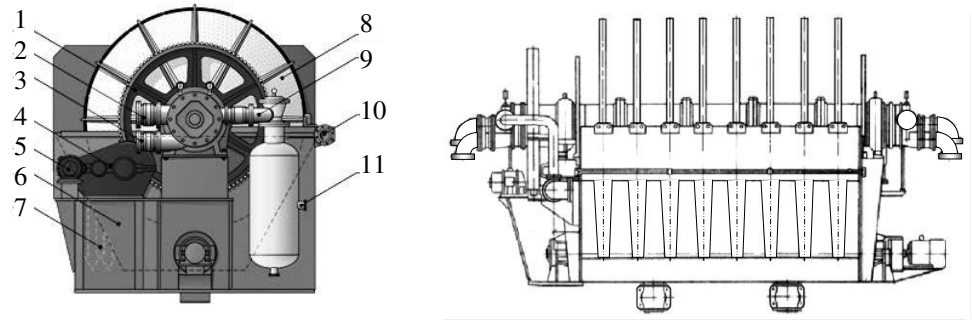


Рис. 11.12. Дисковий вакуум-фільтр:
1 – шестерня приводу; 2 – знімання осаду; 3 – відвід фільтрату; 4 – редуктор приводу; 5 – двигун; 6 – корито; 7 – вивантаження осаду; 8 – фільтрувальні диски; 9 – сушіння осаду; 10 – труба подачі суспензії; 11 – до вакуум-насоса

Стрічкові вакуум-фільтри (рис. 11.13) застосовують переважно для зневоднення осадів з неоднорідною крупністю часток, наприклад, таких як окалина, осади систем газоочистки доменних і конверторних печей і таке інше.

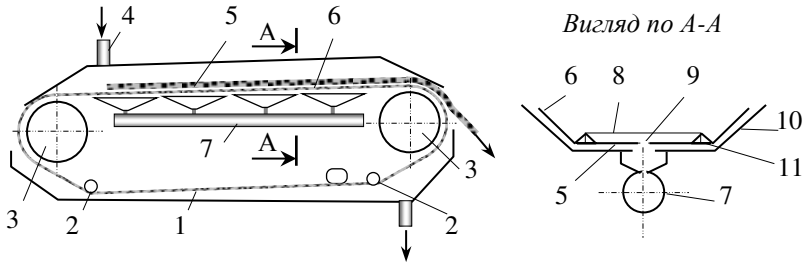


Рис. 11.13. Стрічковий вакуум-фільтр:
1 – фільтрувальна тканина; 2 – направляючі для фільтрувальної тканини; 3 – барабани; 4 – лоток для подачі осаду; 5 – фільтрувальний стіл; 6 – прогумована стрічка; 7 – збірний колектор фільтрату; 8 – поперечний жолоб для відводу фільтрату; 9 – поздовжній проріз; 10 – направляючі для стрічки; 11 – гумовий шнур

Стрічковий вакуум-фільтр складається з нескінченної стрічки 6 і фільтрувального стола 5. Посередині столу по всій його довжині є поздовжній проріз 9, що сполучується з розташованим нижче збірним колектором фільтрату 7. Робоча поверхня стрічки має поперечні жолоби 8 для відводу

Національний університет водного господарства та природокористування

фільтрату й такі ж, як у столі, поздовжні наскрізні прорізи. На стрічку укладається фільтрувальна тканина 1, що закріплюється в пазах гумовим шнуром 11. Верхня робоча частина стрічки простягається по фільтрувальному столу так, що їхні поздовжні прорізи збігаються. Краї стрічки загинаються до верху направляючими 10, внаслідок чого стрічка приймає форму жолоба. Фільтрат, що утворюється в процесі зневоднювання, по поперечних пазах стрічки відводиться із внутрішньої сторони тканини й через поздовжні прорізи надходить у збірний колектор.

Перевагою стрічкового вакуум-фільтра є те, що напрямок руху потоку при фільтруванні збігається з напрямком дії сили ваги. При фільтруванні полідисперсних суспензій спочатку осаджуються грубі частки, утворюючи крупнозернистий підшар, через який іде подальше фільтрування. При цьому створюються оптимальні умови протікання процесу і підвищується його швидкість.

До недоліків стрічкового вакуум-фільтра варто віднести його порівняно значні габарити.

Для нормальної роботи установок з вакуум-фільтрами необхідно допоміжне устаткування: вакуум-насоси, повітродувки, ресивери, відцентрові насоси та пристрої, що забезпечують стабільне живлення фільтра [9].

Типова схема установки барабанного вакуум-фільтра показана на рис. 11.14. Осад подається на фільтр безпосередньо насосом або через дозатор. Насос подає на 10 – 20% більше осаду, ніж може переробити фільтр. Надлишок осаду відводиться через перелив з дозатора або з корита фільтра. Витрату осаду, що подається з дозатора на фільтр, регулюють рухомим водозливом залежно від рівня осаду в кориті.

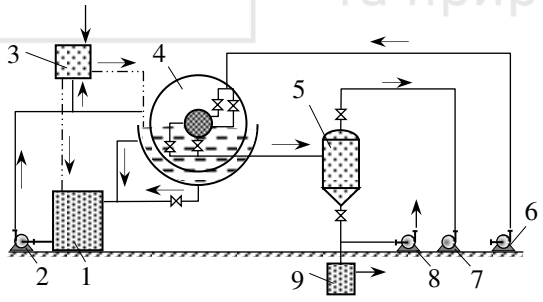


Рис. 11.14. Типова схема установки барабанного вакуум-фільтра:
1 – резервуар для осаду; 2 – насос для подачі осаду: 3 – дозатор; 4 – вакуум-фільтр; 5 – ресивер; 6 – повітродувка; 7– вакуум-насос; 8 – насос для відкачки фільтрату; 9 – резервуар для гідравлічного затвора

Фільтрат разом з повітрям відводиться до ресивера. Відвідний трубопровід повинен мати ухил 5 – 10° до ресивера. Підйом трубопроводу в напрямку руху фільтра неприпустимий. У ресивері відбувається поділ повітря й фільтрату. Для створення в установці промислового вакууму (до 700 мм рт. ст.) застосовують переважно мокроповітряні вакуум-насоси, рідше сухі вакуум-насоси. При використанні сухих вакуум-насосів між ресивером і насосом установлюють уловлювач дрібних крапель рідини з повітря, яка відсмоктується з ресивера. Уловлювач установлюється на висоті, що забезпечує вільний стік рідини з вакуумного простору вловлювача через гідравлічний затвор.

Фільтрат з ресивера видаляється відцентровим насосом або надходить

Національний університет водного господарства та природокористування

самопливом через резервуар гідравлічного затвора.

У першому випадку висота стовпа рідини від низу ресивера до всмоктувального патрубка насоса повинна бути не меншою 2 м. У другому випадку висота стовпа рідини від низу ресивера до дзеркала води гідравлічного затвора повинна бути не меншою 9 м.

Фільтрат, як правило, вертається на очисні споруди для сумісного очищення із стічними водами. В технологічній схемі, що включає ущільнення, реагентну обробку й механічне зневоднювання осаду, фільтрат рекомендується направляти в ущільнювачі, тому що вміст у ньому деякої кількості непрореагованих коагулянтів сприяє кращому ущільненню осадів.

Для видалення осаду з поверхні фільтра та регенерації тканини використовується стиснене повітря тиском 0,025 – 0,05 МПа. Повітря повинно бути чистим і не містити крапель води або масла, тому що вода, потрапляючи в значній кількості у фільтр, може зволожити осад при продуванні, а масло адсорбується тканиною та знижує її пропускну здатність.

Схеми установки дискових і стрічкових вакуум-фільтрів принципово не відрізняються від наведених вище.

Орієнтовні норми витрати повітря наведені в табл. 11.7. При виборі вакуум-насосів для фільтрації щільних осадів варто приймати менші значення витрати повітря, а пористих осадів – більші. При виборі повітродувок для віддування крупнодисперсних осадів приймають менші значення витрати повітря, а дрібнодисперсних осадів при щільних тканинах – більші.

Таблиця 11.7

Норми витрати повітря (за нормальних умов)

Фільтр	Норми витрати повітря $м^3/(м^2 \cdot хв)$	
	для вакуум-насоса	для повітродувок
Барабанний	0,5 – 2	0,1 – 0,5
Дисковий	0,4 – 1	0,05 – 0,35
Стрічковий	0,8 – 3	–

11.7.3. Установки з фільтрпресами

Механічне зневодневання на фільтрпресах дозволяє одержати осад з найнижчою вологістю (табл..11.8). Фільтрпреси рекомендується застосовувати в схемах, де кінцевою стадією обробки є сушіння, спалювання або утилізація осадів з найнижчою вологістю [6].

Для зневоднювання осадів стічних вод застосовуються стрічкові фільтрпреси безперервної дії, а також розсувні фільтрпреси періодичної дії.

Розсувні фільтрпреси складаються з набору вертикально або горизонтально розташованих елементів, які в зібраному вигляді утворюють фільтрувальні камери.

За кордом для зневоднювання осадів стічних вод найбільшого поширення набули рамні фільтрпреси із площею поверхні фільтрування до 400 – 600 $м^2$.

Національний університет водного господарства та природокористування

Фільтр (рис. 11.15, 11.16) показаний у відкритому стані в момент вивантаження зневодненого осаду. Він складається з набору горизонтальних прямокутних плит: верхньої опорної, середніх фільтрувальних і нижньої натискної. Між плитами хвилеподібно протягнена нескінченна стрічка з фільтрувальної тканини. Фільтрувальні плити можуть переміщуватися вгору (закриття фільтра) або вниз (відкриття фільтра). Фільтр має підвідний колектор для подачі осаду й повітря в камери, відвідний колектор для видалення фільтрату та колектор для подачі води на віджимання осаду [9].

Стрічка, на якій у камерах формується осад, приводиться в рух приводом після розкриття фільтра. Зневоднений осад знімається зі стрічки ножами й відводиться в бункер. У процесі руху стрічка проходить камеру регенерації, де промивається й очищається [6].

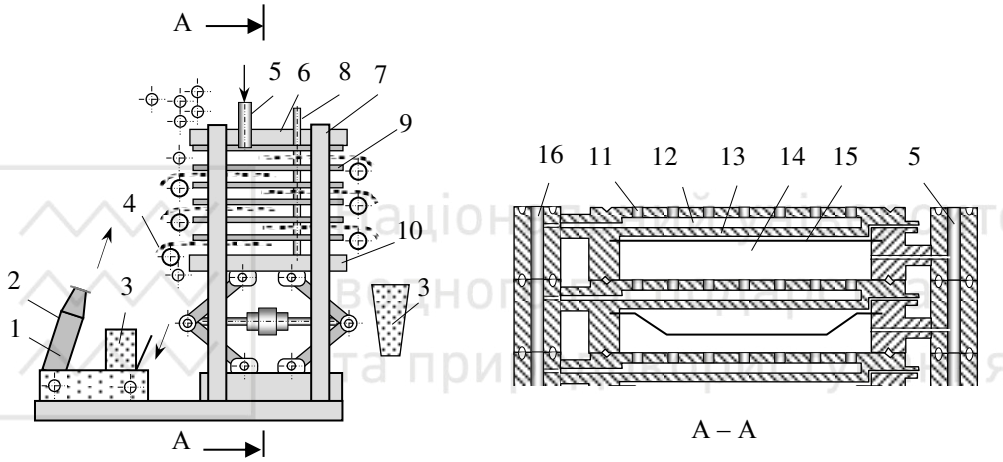


Рис. 11.15. Фільтрпрес типу ФПАКМ:
1 – фільтрувальна стрічка; 2 – камера регенерації фільтрувальної стрічки; 3 – бункер; 4 – ножі для знімання осаду; 5 – колектор подачі; 6 – верхня опорна плита; 7 – напрамляючі; 8 – колектор для подачі води на діафрагму; 9 – середні фільтрувальні плити; 10 – нижня натискна плита; 11 – перфорована перегородка; 12 – піддон; 13 – глуха горизонтальна перегородка; 14 – нижня відкрита частина; 15 – діафрагма; 16 – колектор для відводу фільтрату

Кожна фільтрувальна плита розділена глухою горизонтальною перегородкою на дві частини: верхню, виконану у вигляді піддона, покритого перфорованою перегородкою, і нижню, відкриту знизу. У нижній частині плити по периметру укріплена еластична гумова діафрагма. До верхньої частини плити приєднана секція колектора відводу фільтрату 16, до нижнього – секція подаючого колектора 5. Порожнина між перегородкою й діафрагмою сполучена каналом з колектором подачі води на діафрагму 8.

Робочий цикл фільтра складається з наступних операцій: складання фільтра, завантаження осадом, віджимання, просушування, розкриття фільтра й вивантаження зневодненого осаду.

При складанні фільтра верхня й нижня частини дотичних плит утворюють робочі камери, а окремі секції поєднуються в колектори 5 і 16, що

Національний університет водного господарства та природокористування

представляють собою в момент зневоднювання суцільні труби. Осад подається в камери фільтра по колектору 5.

Після закінчення завантаження проводиться віджимання осаду діафрагмою, для чого в простір між глухою перегородкою і діафрагмою по колектору 8 подається під тиском вода від насосної станції. Перед розкриттям фільтра здійснюється продувка колекторів 5 і 16 стисненим повітрям.

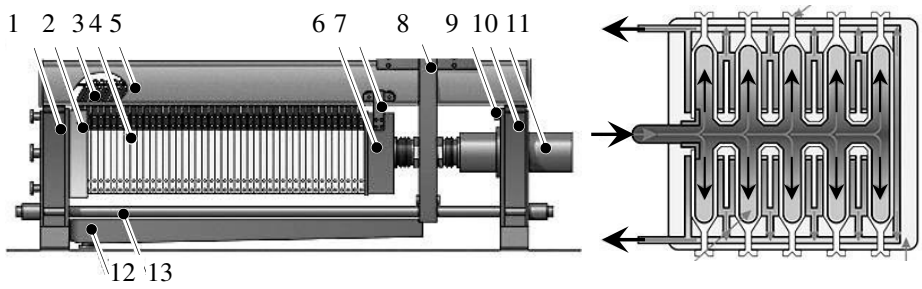


Рис. 11.16. Фільтрпрес великої потужності:

1 – упорна плита; 2 – захисні шторки; 3 – підвіска; 4 – плита фільтрувальна; 5 – балка верхня; 6 – натискна плита; 7 – кронштейн; 8 – мийка; 9 – світлова завіса; 10 – стійка; 11 – механізм натискування; 12 – піддон; 13 – стяжка нижня

Таблиця 11.8

Показники роботи фільтрпресів

Осад стічних вод	Доза хімічних реагентів за активною частиною, % сухої речовини осадів	Початкова вологість осаду, %	Питома продуктивність, кг/(м^2×год)	Вологість зневодненого осаду, %
Міських Ливарних цехів	$FeCl_3$ –2 – 9; CaO – 6 – 25	93 – 97,6 85 – 90	14 – 17 20 – 30	42 – 56 40 – 50
Систем газоочищення печей:				
доменних	–	85 – 90	110 – 160	20 – 25
мартенівських	–	95 – 96	28 – 30	18 – 20
феросплавних	–	88 – 90	80 – 90	35 – 40
Теплових електростанцій	–	88	72	40
Виробництва фосфорних добрив	–	90 – 96	1,8 – 3,6	41 – 46
Фабрик первинної обробки вовни	–	99,6	10	73

Фільтрування при переході тканини між двома циклами з одного ярусу в інший здійснюється зі зворотної (стосовно попереднього циклу) сторони, що сприяє її очищенню від дрібних часток, які забивають пори.

Фільтри типу ФПЛКМ постачаються в комплекті із насосною станцією для подачі води на діафрагму й системою управління, яка передбачає автоматичну

Національний університет водного господарства та природокористування

роботу фільтра від реле часу.

Фільтри типу ФПАКМ випускаються із площею поверхні фільтрування 2,5 – 50 м^2, фільтри ФПАВ–100 і 300 – із площею поверхні фільтрування відповідно 100 і 300 м^2. У фільтрах цього типу (рис. 11.17) фільтрувальні елементи розташовані вертикально.

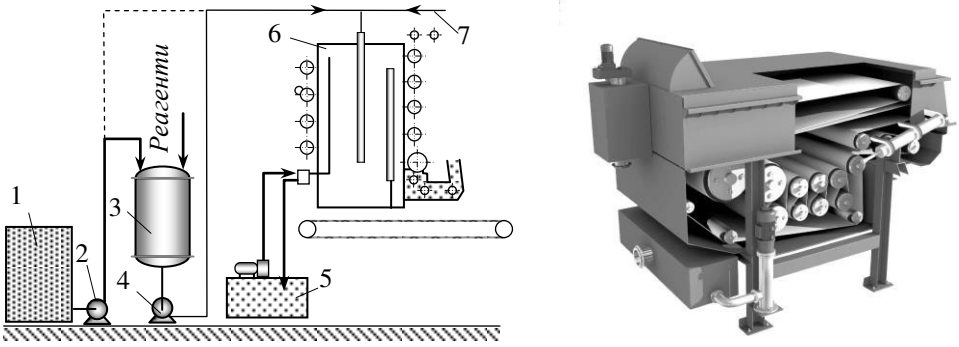


Рис. 11.17. Схема установки фільтрпресу:
1 – резервуар для осаду; 2 – насос для подачі осаду; 3 – резервуар для змішування осаду з реагентами; 4 – насос для подачі осаду на фільтр; 5 – насосна станція; 6 – фільтрпрес; 7 – подача стисненого повітря

Оброблений розчином флокулянта для поліпшення водовідаючих властивостей осад надходить у зону попереднього згущення на верхній стрічці фільтрпресу. Тут відбувається гравітаційне згущення. Потім осад затискається між двома перфорованими стрічками і проходить через 12 або 14 валів різного діаметру, що забезпечує поступове підвищення тиску на осад. Обезводнений осад за допомогою скребка знімається з стрічки і скидається в пристрій вивантаження. Фільтрат збирається в нижній частині преса в спеціальний лоток. Для промивки стрічок передбачені дві лінії промивки, які за допомогою форсунок безперервно очищають стрічки перед надходженням нової порції осаду.

Цех обробки осаду комплектується насосом подачі осаду, станцією приготування розчину флокулянту з вузлом дозування, фільтрпресом (і, при необхідності, згущувачем), насосом промивної води.

11.7.4. Установки з листовими фільтрами

Для зневоднювання осадів стічних вод можна застосовувати листові фільтри типу ЛВАв (листовий вертикальний автоматизований з вібраційним вивантаженням осаду). На фільтрах цього типу рекомендується обробляти осади, що погано фільтруються, осади з великою вологістю (98 – 99%), а також вибухонебезпечні, легкозаймисті та токсичні осади.

На рис. 11.18 показаний фільтр ЛВА–20 Усередині корпуса 1 поміщений пакет фільтрувальних елементів (листів) 8, що представляють собою сталеву

Національний університет водного господарства та природокористування

плоску коробку з перфорованими бічними поверхнями, обтягнуту фільтрувальною тканиною. Фільтрат від кожного листа відводиться в загальний колектор 2. Листи підвішені до траверси, на якій зверху встановлено віброударний пристрій 3, призначений для видалення зневодненого осаду. Корпус фільтрів типу ЛВАв обладнаний паровою сорочкою, яка служить для підтримки певної температури фільтрувального середовища. При обробці осадів стічних вод сорочка, як правило, не використовується [9].

Фільтри типу ЛВАв – апарати періодичної дії. Осад подається на фільтр відцентровим насосом по трубі 9, надлишок повітря витісняється по трубі 5, фільтрат відводиться по збірному колектору і трубі 6. Подачу осаду насосом припиняють за часом або заданою витратою відведеного фільтрату. Після відключення насоса у фільтр для просушування осаду по трубі 4 подається стиснене повітря або пара. Одночасно з корпуса фільтра по трубі 9 видаляється надлишок нефільтрованого осаду, який повертається в прийомний резервуар.

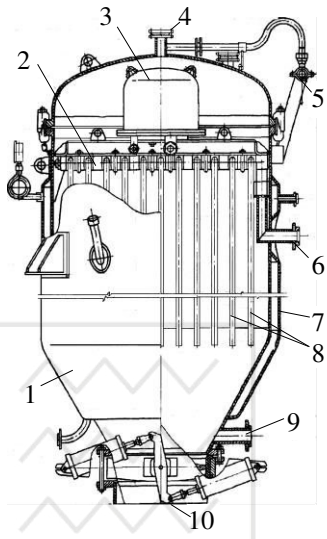


Рис. 11.18. Листовий фільтр:
1 – корпус; 2 – колектор для відводу фільтрату; 3 – відроударний пристрій; 4 – штуцер подачі повітря на просушку: 5 – штуцер випуску повітря; 6 – штуцер відводу фільтрату й подачі повітря на віддування; 7 – парова сорочка; 8 – фільтрувальні аркуші; 9 – штуцер подачі й зливу осаду; 10 – поворотна заслінка

Збезводнений осад знімається з поверхні листів шляхом віддування стисненим повітрям або парою, що подається по трубі 6 у напрямку, зворотному руху фільтрату, або за допомогою відброударного пристрою, що струшує з певною частотою й амплітудою пакет листів. Зневоднений осад вивантажується через поворотну заслінку 10 у прийомний бункер. Схема установки листового фільтра показана на рис. 11.19.

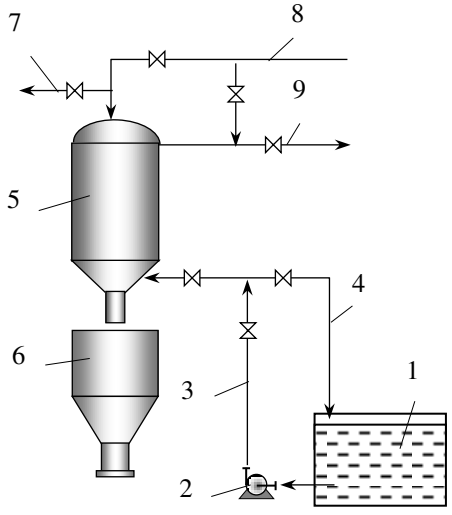


Рис. 11.19. Схема установки листового фільтра
1 – резервуар для осаду; 2 – насос для подачі осаду; 3 – трубопровід для подачі осаду на фільтр; 4 – трубопровід для відводу надлишку осаду з фільтра; 5 – листовий фільтр; 6 – бункер для зневодненого осаду; 7 – трубопровід для випуску надлишку повітря; 8 – трубопровід для подачі повітря на просушку і продувку осаду; 9 – трубопровід для відводу фільтрату.

Фільтр поставляється в комплекті із системою автоматики із

Національний університет водного господарства та природокористування

пневмоуправлінням. Тривалість просушування осадів можна приймати 2 – 3 хв. Питома витрата повітря на просушку (при нормальних умовах) становить 2 – 4 $м^3/(м^2 \cdot хв)$.

Вологість зневоднених на фільтрах типу ЛВАв осадів на 5 – 6% нижче вологості осадів, зневоднених на вакуум-фільтрах.

11.7.5. Зневоднювальні установки із центрифугами

Безперервно діючі осаджувальні горизонтальні центрифуги зі шнековим вивантаженням зневодненого осаду типу ОГШ рекомендується застосовувати на міських станціях аерації продуктивністю 100 тис. $м^3$/добу. На рис. 11.20 наведено схему центрифуги, а в табл. 11.9 – її технічну характеристику.

Осад, що зневоднюється, подається в трубу 1 порожнього шнека 7 і через отвір 4 попадає в прийомну камеру ротора 6. Під дією відцентрової сили найважчі частки твердої фати осаду віджимаються до внутрішньої поверхні ротора, перемішаються шнеком і вивантажуються через вікна 8 і трубу бункера 5. Фугат витікає через зливальні отвори 2 і зливальну трубу 3.

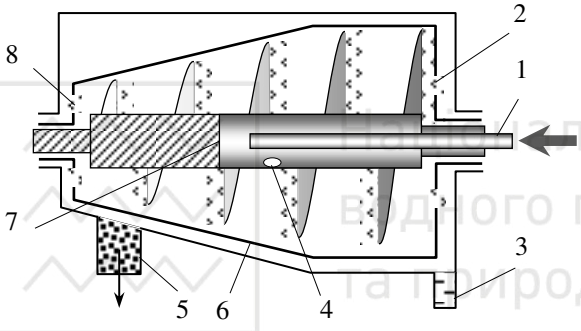


Рис. 11.20. Схема центрифуги ОГШ: 1 – труба подачі осаду; 2 – отвору для зливу фугату; 3 – зливальна труба; 4 – отвір для надходження осаду в порожнину ротора; 5 – труба скидання зневодненого осаду; 6 – ротор центрифуга; 7 – шнек; 8 – вивантажувальні вікна

Таблиця 11.9

Технічна характеристика серійних центрифуг

Показники	ОГШ –35 К –6*	Тип центрифуги ОГШ 50К–4*	ОГШ–631ДО–2
Розрахункова продуктивність по вихідному осаді, $м^3$/год	4 – 6	9 – 14	25 – 35
Діаметр ротора, см	35	50	63
Довжина ротора, мм	630	900	2370
Частота обертання ротора, об/хв	2800 – 3600	2000 – 2650	2000
Фактор поділу	1500 – 2500	1100 – 1950	1400
Маса, т	1,2	1,8	12
Потужність електродвигуна, кВт	22	28; 32	100

* раціональним є застосування центрифуг ОГШ–35К–3 і ОГШ–50К–6.

Схема технологічного процесу центрифугування осадів наведена на рис. 11.21. Осад подається в резервуар-регулятор витрати осаду 1, звідки

Національний університет водного господарства та природокористування

самопливом надходить на центрифугу 3. Перед центрифугою встановлюється решітка-дробарка РД–200 або решітка із прозорами не більше 16 мм. Для виділення з осаду піску перед центрифугами можуть установлюватися гідроциклони. Зневоднений осад безупинно вивантажується із центрифуги на стрічковий транспортер 4 і потім обробляється в камерах дегельмінтизації 5 або термічним сушінням 6. Оброблений осад транспортером 7 подається в бункер 8 або на майданчики складування. Фугат, отриманий при поділі осадів і зібраний у ємності 9, самопливом або насосом 10 направляється для подальшої обробки [6].

Розрахункові значення ефективності затримки сухої речовини осаду, а також вологості зневодненого осаду наведені в табл. 11.10.

Таблиця 11.10

Ефективність затримки сухої речовини осадів і вологість кеку при зневоднюванні на центрифугах

Вид осаду	Ефективність затримки сухої речовини, %	Вологість кеку, %
Сирий або зброджений з первинних відстійників	45 – 65	65 – 75
Зброджена суміш із первинних відстійників і активного мулу	25 – 40	65 – 75
Сирий активний мул при зольності, %		
28 – 35	10 – 15	70 – 80
38 – 42	16 – 25	66 – 75
44 – 47	25 – 35	50 – 70
Суміш із первинних відстійників і ущільненого активного мулу	25 – 45	70 – 80

У зв'язку з більшим вмістом завислих речовин у фугаті при його скиданні навантаження на очисні споруди збільшується на 25 – 35%. Для запобігання збільшення навантаження на очисні споруди застосовують різні схеми центрифугування й обробки фугату (рис..11.21):

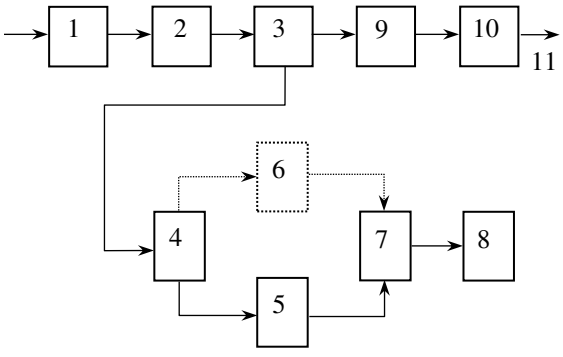


Рис. 11.21. Схема технологічного: процесу центрифугування осадів
1 – резервуар-регулятор витрати осаду; 2 – решітки-дробарки або решітки; 3 – центрифуги; 4, 7 – стрічкові транспортери: 5 – камера дегельмінтизації; 6 – сушарка; 8 – бункер або площадка для складування зневодненого осаду: 9 – ємність для збору фугату; 10 – насос для відкачки фугату; 11 – подача фугату на наступну обробку

1) центрифугування активного мулу із вторинних відстійників або

Національний університет водного господарства та природокористування

флотаторів з виділенням надлишкового активного мулу й використанням фугату як частини циркулюючого мулу для очищення стічних вод в аеротенках. Кількість центрифуг розраховується за об'ємом мулу, який пропускається через них, з урахуванням ефективності затримки сухої речовини та кількості затримуваного в центрифугах мулу, що повинне відповідати його приросту;

2) центрифугування осаду з первинних відстійників або його суміші з надлишковим активним мулом з аеробною стабілізацією фугату або з аеробною стабілізацією неущільненого надлишкового активного мулу в суміші з фугатом від центрифугування осаду з первинних відстійників. Аерація ведеться впродовж 7 – 10 діб при інтенсивності 2 – 3 $м^3/(м^2 \cdot год)$. Мінералізований осад ущільнюється впродовж 3 – 5 год, після чого центрифугується, а фугат знову направляється на аеробний стабілізатор.

3) центрифугування зброджених осадів з підсушуванням фугату на мулових майданчиках із дренажем. Дана схема дозволяє в 2 – 3 рази збільшити навантаження на мулові майданчики.

Збільшення ефективності затримки сухої речовини осаду до 90 – 97% при центрифугуванні осадів досягається попередньою обробкою їх флокуляатами катіонного типу дозою 0,2 – 0,5% маси сухої речовини.

Типи флокулянтів і їхня доза повинні уточнюватися в кожному конкретному випадку.

Освоюються високопродуктивні центрифуги з діаметром ротора 500 і 1000мм для зневоднювання осадів з попередньою обробкою їх флокулянтами.

11.7.6. Установки з віброфільтрами

Віброфільтри можуть застосовуватися для зневоднювання осадів, що важко фільтруються, без попереднього їх кондиціювання або після реагентної обробки. Віброфільтри використовуються також для захисту фільтрувального устаткування та теплообмінників від засмічування великими частками осаду. Недоліком віброфільтрів є невисокий ступінь зневоднювання та значні втрати твердої фази з фільтратом.

Основною конструктивною особливістю таких фільтрів є фільтрувальна перегородка, пов'язана із джерелом коливань (вібратором), що працює в діапазоні промислових частот 20 – 50 Гц. Режим коливань фільтрувальної перегородки найчастіше приймається гармонійним. Процес поділу на віброфільтрах залежно від конструкції фільтра може відбуватися при гідростатичному або надлишковому тиску до 0,6 МПа.

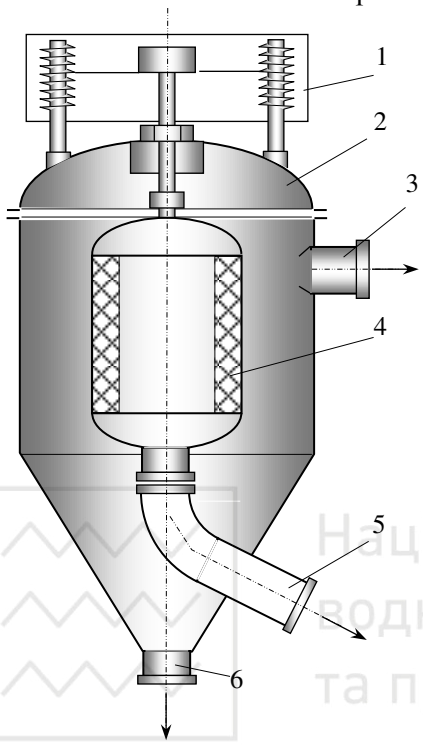
Продуктивність віброфільтрів розглянутих конструкцій при обробці осаду міських стічних вод становить у середньому 15 – 20 $кг/(м^2 \times год)$ за сухою речовиною, питомі витрати електроенергії – до 1,5 кВт-год на 1 $м^2$ фільтруючої поверхні, вологість зневодненого осаду – приблизно 86%, ефективність затримки твердої фази – 40 – 70%.

Для зменшення втрат твердої фази з фільтратом поділ осаду на безнапірних віброфільтрах і віброгрохотах доцільно проводити у дві стадії.

Національний університет водного господарства та природокористування

При цьому згущення (I стадія) іде при частоті коливань 20 – 50 Гц і прискоренні 19 – 50 м/с^2, а зневоднювання (II стадія) – при тих же значеннях частот коливань і прискоренні до 98,1 м/с^2.

Технологічні показники роботи віброфільтра при зневоднюванні осадів станцій біологічного очищення наведені в табл. 11.11.



У якості безнапірних віброфільтрів можуть використовуватися вібраційні грохоти після заміни на них фільтруючої поверхні фільтрувальною сіткою з розміром отворів 0,1 – 3 мм. Питому продуктивність вібраційних віброгрохотів можна приймати 1,5…2,5 м^3/(м^2×год) за осадом зневоднення; питомі витрати електроенергії на 1 м^2 поверхні грохота рівні приблизно 1,5…2 кВт-год.

Для згущення полідисперсних осадів виробничих стічних вод можуть використовуватися напірні акустичні (вібраційні) фільтри (рис. 11.22).

Рис. 11.22. Акустичний фільтр:
1 – електромагнітний вібратор; 2 – корпус фільтра: 3 – подача осаду на фільтрування; 4 – фільтрувальний елемент; 5 – відвід фільтрату; 6 – відвід згущеного осаду

Таблиця 11.11

Технологічні показники віброфільтрування осаду на безнапірних віброфільтрах і грохотах у дві стадії

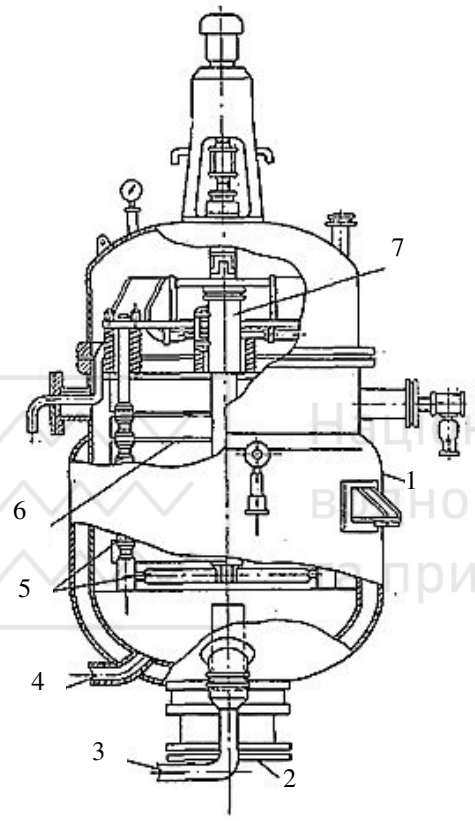
Вид осаду	Початкова вологість. %	Згущення		Зневоднення		Втрати твердої фази з фільтратом, %
		кінцева вологість, %	продуктивність на 1 м^2 фільтра, кг/год	кінцева вологість, %	продуктивність на 1 м^2 фільтра, кг/год	
З первинних відстійників	94 – 95	89 – 90	10 – 15	84 – 87	5 – 10	30 – 50
Активний мул	99,3 – 99,5	95,7 – 97	8 – 10	93 – 95	3 – 8	20 – 40

Для зневоднювання осадів стічних вод після реагентного або теплового кондиціювання розроблена конструкція напірного дискового фільтра (рис.11.23), у якому для інтенсифікації процесу зневоднювання передбачена вібрація фільтрувальних елементів і можливість проведення процесу при підвищеній температурі. Корпус фільтра обладнано паровою сорочкою для підтримки в апараті температури 120° С. Усередині корпуса підвішений блок,

Національний університет водного господарства та природокористування

що складається з 15 круглих фільтрувальних елементів 6, розташованих однин під одним. Елементи зібрані на трьох пустотілих штангах 5, що слугують для відводу фільтрату. Під кожним фільтрувальним елементом розташовані ножі для знімання осаду. На траверсі блоку встановлені два пневматичних вібратори спрямованої дії [9].

Бердичівський завод хімічного машинобудування «Прогрес» випускає напірний тарільчато-конічний фільтр з вібраційним зніманням осаду. Фільтр може застосовуватися для зневоднювання токсичних вогне – вибухонебезпечних промислових осадів з мінеральною твердою фазою і вмістом нафтопродуктів до 0,5%.



Фільтр має корпус із конічним днищем і кришкою. Кришка відкривається пневматичним циліндром. Фільтр обладнано паровою сорочкою. У корпусі фільтра розміщений блок фільтрувальних елементів, кожний з яких має отвір для вивантаження осаду. Осад видаляється під дією вібрації, створюваної пневмовібратором ППВ–100, розташованим усередині корпуса фільтра.

Рис. 11.23. Дисковий фільтр:
1 – корпус фільтра; 2 – вивантаження осаду; 3 – відвід фільтрату; 4 – подача осаду; 5 – колектори для збору фільтрату; 6 – фільтрувальний елемент; 7 – вібратор

11.8. Споруди для теплової обробки осадів

11.8.1. Установки теплової обробки осадів під тиском

Установки теплової обробки призначені для кондиціювання органічних осадів стічних вод (сирих або зброджених) перед їхнім механічним зневоднюванням.

Теплова обробка осадів проводиться в інтервалі температур 180…205°С і часу 0,5…2 год. Значення параметрів теплової обробки встановлюють дослідним шляхом за зниженням питомого опору осадів. При відсутності дослідних даних варто приймати максимальні значення параметрів. У процесі теплової обробки відбувається розпад органічної речовини твердої фази осадів (ОРТФ).

Національний університет водного господарства та природокористування

Ступінь розпаду ОРТФ залежить від початкових властивостей осадів і параметрів обробки. Для міських і близьких до них за властивостями осадів ступінь розпаду при температурі обробки 180 – 200°С орієнтовно можна приймати за даними табл. 11.12.

Таблиця 11.12

Ступінь розпаду ОРТФ осадів

Вид осаду	Розпад ОРТФ, %
Активний мул	50 – 60
Біологічна плівка	40 – 50
Сира суміш осаду первинних відстійників і активного мулу	35 – 45
Зброджена суміш	35 – 43

Приблизно 75 – 80% ОРТФ, що розпалися, розчиняється в рідкій фазі (мулової води), а 20 – 25% переходить у газоподібний стан [6].

Зміна концентрації органічних речовин (*ОР*) в муловій воді призводить до зміни *ХПК* і *БПК*. Залежність між цими величинами визначається дослідним шляхом. Для орієнтовних розрахунків можна приймати:

$$\frac{ХПК}{ОР} = 1{,}62; \qquad \frac{БПК_5}{ОР} = 0{,}68 \text{ або } БПК_5 = 0{,}42 ХПК$$

Технологічні схеми теплової обробки осадів представлені на рис. 11.24. Осади перед подачею на теплову обробку необхідно подрібнювати до одержання твердих часток розміром не більших 4…5 мм.

При використанні решіток-дробарок РД, що забезпечують подрібнювання часток розміром до 8 мм, рекомендується передбачати багаторазову (до 3 – 5 разів) циркуляцію осадів у системі подрібнювання.

Для подачі осаду в систему теплової обробки застосовуються поршневі (плунжерні) або гвинтові (черв'ячні) насоси з робочим тиском до 2,5 МПа.

Нагрівання осаду проводиться у два етапи: спочатку в теплообмінниках за рахунок тепла обробленого осаду, що виходить із реактора, а потім за рахунок зовнішніх джерел тепла. Для рекуперації тепла застосовуються переважно теплообмінники типу «труба в трубі». Теплообмін може здійснюватися за схемою «осад–осад» (див. рис. 11.24) або з використанням проміжного теплоносія. Досвід показує, що при роботі теплообмінників за першою схемою міжтрубний простір забивається твердими частками осаду. У цих випадках застосовують розбірні теплообмінники для забруднених середовищ.

При роботі теплообмінників за другою схемою вихідний і оброблений осад подають по центральних трубах самостійних груп теплообмінників, а в міжтрубному просторі циркулює як проміжний теплоносій пом'якшена вода.

При використанні проміжного теплоносія застосовують нерозбірні теплообмінники.

Для всіх теплообмінників мінімальний діаметр внутрішньої й зовнішньої труб варто приймати рівним відповідно 80 і 125 мм. Труби, що контактують з

Національний університет водного господарства та природокористування

осадом, виготовляються з нержавіючої сталі, а ті, що контактують із проміжним теплоносієм, – зі звичайної сталі.

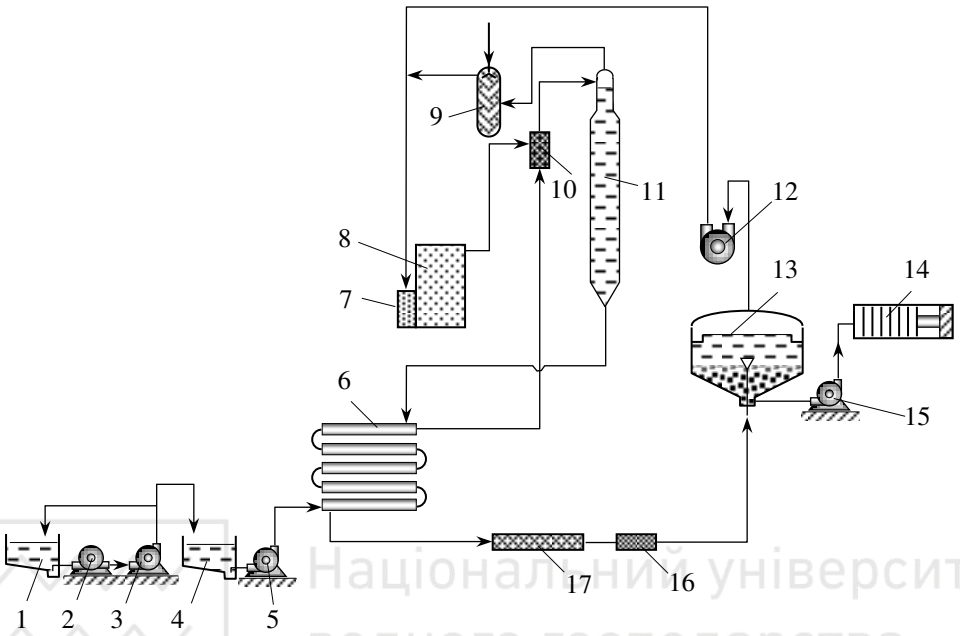


Рис. 11.24. Технологічна схема теплової обробки з підігрівом осаду гострим паром:
1 – прийомний резервуар; 2 – подрібнювач; 3 – насос здрібненого осаду; 4 – проміжний резервуар; 5 – насос високого тиску; 6 – теплообмінник; 7 – топка; 8 – паровий казан; 9 – сепаратор; 10 – паровий ежектор; 11 – реактор; 12 – вентилятор; 13 – ущільнювач; 14 – фільтрпрес; 15 – насос для перекачування ущільненого осаду; 16 – редукуючий пристрій; 17 – холодильник

Теплообмінники можна поміщати в закритий теплоізольований бокс, що дозволяє виключити необхідність влаштування теплоізоляції на кожній трубі теплообмінників. Бокс можна розміщати у виробничому корпусі або на відкритій площадці. Слід передбачити можливість промивки теплообмінників від накипу та інших відкладень. Промивка проводиться 10%-ним розчином інгібованої соляної кислоти. Температура осаду на виході з теплообмінників на 35 – 40°С нижче необхідної для обробки. Догрів осаду, що виходить із теплообмінників, до заданої температури може здійснюватися декількома способами. Найбільш простим і високоефективним способом є нагрів гострим паром (див. рис. 11.24), що через ежектор вводиться в трубопровід, що подає осад перед реактором. Перевага цього методу полягає в можливості використання пари порівняно низького тиску з температурою, що наближається до температури обробки осаду, тобто до 190 – 210°С; недоліком способу є втрата конденсату. Витрата пари визначається технологічним розрахунком. Для орієнтовних розрахунків питому витрату гострої пари можна приймати 100 – 120 кг на 1 $м^3$ оброблюваного осаду.

Національний університет водного господарства та природокористування

Догрів осаду може здійснюватися також в окремій групі теплообмінників висококиплячими органічними теплоносіями (ОТ), що надходять від спеціальних нагрівальних установок. Теплообмінники цієї групи мають таку ж конструкцію, як теплообмінники першого ступеня, і розташовані разом з ними в одному боксі.

Реактори для теплової обробки виконуються у вигляді вертикальних колон. При цьому варто прагнути до можливо меншого відношення діаметра реактора до його висоти. Під ковпаком реактора залишається вільний простір для виділення парогазової суміші, що періодично стравлюють. Суміш, що стравлюється з реактора, складається з водяної пари й газоподібних продуктів розпаду ОРТФ осадів і має специфічний неприємний запах. Для дезодорації суміш направляють у сепаратор, де вона промивається очищеною водою. Промиті й охолоджені гази відсмоктуються із сепаратора вентилятором і подаються на спалювання в топки котлів або маслонагрівальних установок. Маса пару, що стравлюється із сумішшю, становить 2 – 3% маси осаду, що подається в реактор. З реакторів осад надходить у теплообмінники під тиском власного насиченого пару, що становить 1,8 – 2,2 МПа. Подача осаду в реактор здійснюється постійно, а вивантаження – періодично через спеціальні пристрої (клапани, діафрагми, шлюзові камери), установлені на вихідному трубопроводі осаду перед ущільнювачем. Вивантаження осаду з реактора проводиться при досягненні рівня, контрольованого радіоізотопними датчиками.

Осади ущільнюються в ущільнювачах радіального типу, обладнаних скребковим пристроєм. Тривалість ущільнення може коливатися від 1,5 до 8…10 год. Вологість ущільнених осадів 93…95%.

Внаслідок випаровування води з поверхні ущільнювачів в атмосферу виділяються неприємні запахи. Для зменшення ступеня випаровування осад, що виходить із теплообмінників, додатково охолоджують у холодильнику до температури 30 – 35°С. Крім того, над ущільнювачем улаштовується легке перекриття з організованим відсмоктуванням повітря. Ущільнений осад відкачується плунжерними насосами й подається на механічне зневоднювання.

Механічне зневоднювання осадів після теплової обробки здійснюється переважно на фільтрпресах; рідше застосовуються барабанні вакуум-фільтри й ще рідше – центрифуги. Вони забезпечують одержання осадів з найнижчою вологістю – до 45 – 50%, що особливо важливо при наступному спалюванні осадів. Для зневоднювання на вакуум-фільтрах і в центрифугах температура обробки осаду в реакторі повинна бути на 10 – 15°С вищою, ніж при зневоднюванні на фільтрпресах. Вологість зневоднених осадів можна приймати для вакуум-фільтрів – 68 – 72%, для фільтрпресів – 45 – 50%, для центрифуг – 73 – 78%. Продуктивність зневоднювальних апаратів установлюється дослідним шляхом. Для орієнтовних розрахунків можна прийняти продуктивність барабанних вакуум-фільтрів – 10 – 12 кг/(м^2×год), фільтрпресів типу ФПЛКМ – 12 – 15 кг/(м^2·год).

Очищення мулової води, відділеної в ущільнювачах і зневоднювальних апаратах, здійснюється біологічним шляхом в аеробних й анаеробних умовах,

Національний університет водного господарства та природокористування

а також фізико-хімічними методами. Найпоширенішим є очищення мулової води в аеротенках. Застосовується сумісне очищення мулової води зі стоками або шляхом локального очищення на високонавантажуваних аеротенках. При цьому додаткове навантаження на аераційні споруди за $БПК_5$ орієнтовно можна приймати: для мулової води після теплової обробки надлишкового активного мулу – 11 – 13%; суміші осаду первинних відстійників і активного мулу – 22 – 25%; збродженої суміші – 16 – 18%.

За кордоном застосовують зброджування мулової води в метантенках. В особливих випадках, наприклад при замкнутих системах водокористування, мулову воду піддають випарюванню.

11.8.2. Зневоднення осадів за низьких температур

Заморожування й наступне відтавання осадів призводить до зміни їхньої структури, переходу частини зв'язаної вологи у вільну й значному поліпшенню їх водовіддаючої здатності. Повне проморожування осадів знижує їхній питомий опір до $(1 – 20)\times10^{10}$ см/г, що дозволяє зневоднювати осади механічним шляхом без попереднього коагулювання хімічними реагентами.

При штучному заморожуванні осадів оптимальні значення питомого теплового потоку становлять 230 – 1000 Вт/м^2. При більш високих теплових потоках питомий опір осадів знижується недостатньо внаслідок швидкого проморожування, а при більш низьких збільшуються площі поверхні теплообмінного устаткування, а отже, його металоємність. Штучне заморожування осадів може здійснюватися в холодильних установках безпосереднього контакту із застосуванням барабанних або панельних льодогенераторів Для скорочення витрати електроенергії в процесі заморожування й відтавання осаду повинна здійснюватися рекуперація тепла фазових переходів, що забезпечує відтавання осаду за рахунок тепла, виділюваного при заморожуванні. Витрата електроенергії для штучного заморожування 1 м^3 осаду близько 50 кВт. Осад після відтавання може зневоднюватися на вакуум-фільтрах наливного типу або на мулових майданчиках із природною основою й дренажем. Продуктивність вакуум-фільтрів становить 50 – 60 кг/(м^2-год) за сухою речовиною при вологості кеку 70 – 80%, навантаження на мулові майданчики – 5 м^3/(м^2-год) [5,9].

Для використання ефекту заморожування осаду в природних умовах при підсушуванні на мулових майданчиках товщина шару осаду перед настанням морозів не повинна перевищувати можливої для даного кліматичного району глибини промерзання. У процесі природного заморожування осад розшаровується на воду (верхня частина) і шар осаду (нижня частина). У цих умовах мулові майданчики влаштовуються каскадного типу на природній основі із дренажем або обладнуються водозливами для відведення води з поверхні при відтаванні осаду. Своєчасний відвід з поверхні талої води дозволяє в 5 – 7 разів скоротити первісний об'єм осаду й при наступному підсушуванні на повітрі знизити його вологість до 60 – 75%.

Національний університет водного господарства та природокористування

11.8.3. Барабанні сушарки й сушарки із зустрічними струменями

Термічне сушіння призначається для знезаражування та зниження маси і об'єму осадів стічних вод. Його застосування забезпечує можливість ефективного видалення осадів з територій очисних станцій і їхньої подальшої утилізації.

Термічне сушіння осадів проводиться на сушильних установках, що складаються із сушильного апарата (сушарки) і допоміжного устаткування, до якого відносяться топки, включаючи системи подачі палива, живильники, циклони, скрубери, тягодуттьові пристрої, транспортери й бункери, а також контрольно-вимірювальні прилади й автоматика.

Залежно від консистенції осадів, призначення й продуктивності установки для термічного сушіння можуть застосовуватися сушарки безперервної дії: розпилювальні, барабанні, із зустрічними струменями, із завислим шаром – киплячим і фонтануючим, пневматичні труби-сушарки з механічними подрібнювачами й комбіновані [9].

Осад після термічного сушіння має вигляд сипучого матеріалу, що не загниває, вільний від гельмінтів і патогенних мікроорганізмів, з вологістю 10 – 50%.

Для термічного сушіння механічно зневоднених осадів застосовують барабанні сушарки та сушарки із зустрічними струменями суміші. Барабанні сушарки працюють за схемою із прямоточним рухом осаду і сушильного агента, у якості якого застосовують топкові гази (рис. 11.25).

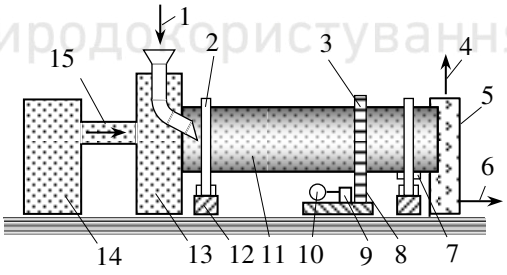


Рис. 11.25. Схема барабанної сушарки: 1 – завантаження кеку: 2 – бандажі: 3 – зубчастий вінець приводу; 4 – відпрацьовані гази; 5 – вивантажувальна камера; 6 – вивантаження сухого осаду; 7 – упорні ролики; 8 – ведуча шестірня; 9 – редуктор: 10 – багатошвидкісний електродвигун; 11 – обертовий барабан: 12 – обертові ролики; 13 – завантажувальна камера; 14 – топка; 15 – топкові гази

Сушильний барабан установлюється похило до горизонту (максимальний ухил 3 – 4°), внаслідок чого під дією сили ваги забезпечується рух осаду уздовж барабана від його піднятого (завантажувального) кінця до більш низького (вивантажувального). Переміщенню осаду також сприяє попутний рух газів і обертання барабана. Частота обертання барабана 1,5 – 8 об/хв. Для рівномірного розподілу осаду по перетину барабана усередині сушарки встановлюються насадки різного типу (гвинтова, лопатева, секторна). Для здрібнювання й перемішування осаду на початку й кінці сушарки додатково встановлюються ланцюги, що підвішуються вільно до внутрішньої поверхні барабана. Присутність ланцюгів дозволяє усунути злипання осаду на початку сушарки, інтенсифікувати процес його сушіння і дозволяє уникнути в технологічній схемі вузла подрібнення сухого осаду.

Національний університет водного господарства та природокористування

Рекомендуються наступні параметри сушіння: напруга об'єму сушарки за вологою, що випаровується – 60 кг/(м^3-год); питома витрата тепла на 1 кг вологи, що випаровується – 5 – 7 МДж; температура димових газів на вході в сушарку – 600 – 800°С, на виході із сушарки –170 – 250°С; вологість осаду, що поступає в сушарку – 75 – 80%, після термічного сушіння – 20 – 30%.

Осад, висушений у барабанних сушарках, містить велику кількість пилоподібних фракцій, що ускладнює його транспортування й погіршує санітарно-гігієнічні умови роботи в приміщеннях. Барабанні сушарки мають більшу одиничну продуктивність, але малу напругу за вологою. При високій температурі відхідних газів можливе загоряння осаду.

Сушарка із зустрічними струменями (рис. 11.26) є двоступінчастим апаратом, нижній ступінь якого – елемент із зустрічними струменями, а верхній – аерофонтаний апарат 11. Зневоднений на вакуум-фільтрах або в центрифугах осад подається стрічковим транспортером 1 і двовалковими шнековими живильниками 3 у сушильний елемент із зустрічними струменями 4. Елемент 4 виконується у вигляді двох горизонтальних розгінних труб, врізаних співвісно у вертикальний стояк 5. При цьому сушіння проводиться за ретурною схемою з добавкою дрібних висушених часток до механічно зневодненого осаду і вивантаженням сухого гранульованого осаду 13 безпосередньо з аерофонтанного апарата 11. Змішування кеку з ретуром[6] проводиться у двовалковому шнековому живильнику 3, що забезпечує видачу однорідної за складом і вологою суміші. При додаванні ретура поліпшуються умови проходження суміші через живильник і сушарку і інтенсифікується процес сушіння.

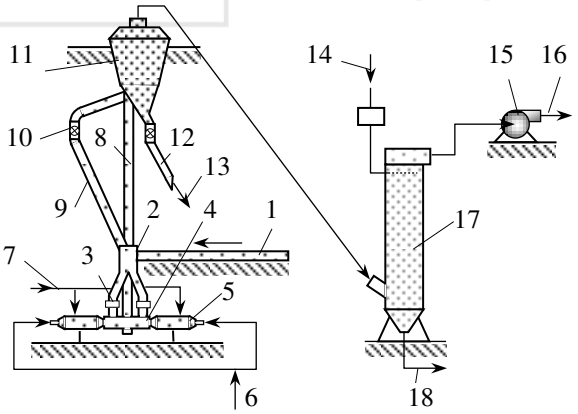


Рис. 11.26. Схема установки для термічного сушіння механічно зневоднених осадів у сушарці із зустрічними струменями: 1 – стрічковий транспортер для подачі осаду; 2 – приймна камера; 3 – двовалкові шнекові живильники; 4 – сушильна камера з розгінними трубами; 5 – камери згоряння: 6 – подача повітря; 7 – паливо (газ); 8 – вертикальний стояк; 9 – трубопровід ретура; 10 – шлюзові затвори; 11 – сепаратор повітряно–прохідного типу; 12 – трубопровід сухого осаду: 13 – подача сухого осаду в бункер готового продукту; 14 – подача води; 15 – вентилятор; 16 – очищені гази в атмосферу; 17 – водяний скрубер; 18 – випуск шламу

В якості другого ступеня сушіння (аерофонтанне) використовуються сепаратори повітряно-прохідного типу. Ці апарати застосовуються для

[6] Ретур — м'яка фракція осаду,що утворюється в процесі сушіння.

Національний університет водного господарства та природокористування

збільшення часу контакту сушильного агента з осадом. Крім того, у них здійснюється розподіл часток висушеного осаду за фракціями.

Сутність методу сушіння в зустрічних струменях полягає в тім, що частки осаду, перебуваючи у псевдозрідженому стані, в гарячому газовому потоці рухаються по співвісних горизонтальних трубах назустріч одна одній і у результаті ударної зустрічі струменів вступають у коливальний рух, проникаючи з одного струменя в інший. Це призводить до збільшення концентрації осаду в зоні сушіння. При досить високих швидкостях сушильного агента відбувається здрібнювання осаду, що сприяє поновленню вологих поверхонь. При цьому також збільшується сумарна поверхня тепло – і масообміну.

Технічна характеристика сушарок із зустрічними струменями

Температура сушильного агента, °С:	
початкова	600 – 800
кінцева	100 – 160
Тиск повітря перед соплом (надлишковий), МПа	0,01 – 0,03
Напруга об'єму сушарки за вологою, що випаровується, кг/(м^3·год)	600 – 1200
Питома витрата на 1 кг вологи, що випаровується:	
тепла, МДж	3,4 – 3,8
умовного палива, кг	0,114 – 0,128
сухого повітря, кг	4 – 6
електроенергії, кВт.год	0,05 – 0,08
Вологість осадів, %:	
до сушіння	60 – 85
після сушіння	20 – 50

Сушарки із псевдозрідженим шаром характеризуються інтенсивним тепло– і масообміном між твердими частками осаду і теплоносієм, а також ізотермічністю процесу сушіння [6].

Для сушіння осадів стічних вод можуть використовуватися сушарки з периферійним вивантаженням висушеного осаду й із псевдозрідженим шаром інертного матеріалу й вивантаженням висушеного осаду через циклон.

Збезводнений осад надходить у бункер 1 (рис. 11.27), звідки за допомогою живильника направляється в сушарку 5. Повітря й топкові гази під напором, створюваним вентилятором високого тиску 9, проходять газорозподільну решітку і створюють киплячий шар осаду або інертного матеріалу. Висушений осад у вигляді гранул вивантажується через регульований по висоті переливний поріг у бункер сухого осаду 7. Пилоподібні фракції, що містяться у відпрацьованому теплоносії (ретур), уловлюються в циклоні 2 і направляються в бункер 1. Потім теплоносій надходить на другий щабель очищення – мокрий скрубер 3, де очищається, частково охолоджується і вентилятором 4 через витяжну трубу викидається в атмосферу.

У сушарках із псевдозрідженим шаром можна застосовувати теплоносій з температурою 500 – 600°С і скорочувати час сушіння до 10 – 15 хв. Розрахункові параметри процесу визначаються для кожного конкретного випадку експериментально

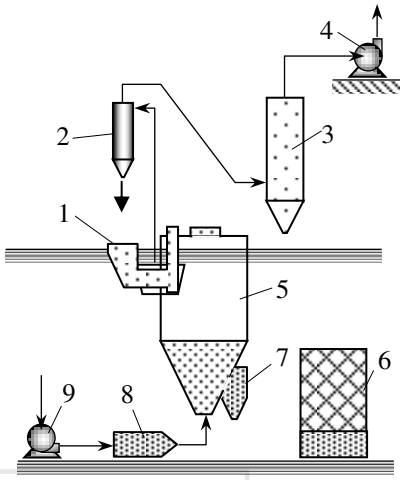


Рис 11.27. Схема установки для сушіння осаду в сушарці псевдозрідженого шару:
1 – бункер зневодненого осаду; 2 – батарейний циклон; 3 – мокрий скрубер; 4 – витяжний вентилятор (димосос); 5 – циліндрична сушарка; 6 – пульт керування з контрольно-вимірювальними приладами; 7 – бункер вивантаження сухого осаду; 8 – топка; 9 – вентилятор високого тиску (повітродувка)

.

Основними перевагами сушарок із псевдозрідженим (фонтануючим) шаром є: можливість регулювання тривалості сушіння осаду та інтенсивності теплообміну; відсутність тертьових і обертових частин; можливість інтенсифікації та автоматизації процесу; простота конструкції.

Втрату тепла в навколишнє середовище сушарками описаного типу можна приймати рівною 10% кількості тепла, що йде на випар вологи.

Для термічного сушіння ущільненого активного мулу можуть застосовуватися розпилювальні сушарки, сушарки розпилювально-киплячого шару й сушарки-гранулятори.

11.8.4. Вакуум-сушарки

Вакуум-сушарки рекомендуються для обробки осадів, що утворюються на станціях біологічного очищення стічних вод із продуктивністю до 50 тис. $м^3$/доб.

Вакуум-сушінню можуть піддаватися окремо сирий осад, активний мул або їхня суміш. Попередньо осади підлягають ущільненню. Для станцій продуктивністю до 1400 $м^3$/доб можна обмежитися гравітаційним або флотаційним ущільненням; при цьому вологість осадів, що подаються на вакуум-сушарку, допускається до 97%.

При більшій продуктивності станцій осади перед вакуум-сушінням слід центрифугуванням концентрувати до вологості 85 – 90%. На рис. 11.28 наведена технологічна схема вакуум-сушіння осадів з попереднім центрифугуванням ущільненого активного мулу до вологості 70 – 80%. Сирий осад вологістю 93 – 95% подається в резервуар–змішувач безпосередньо з первинних відстійників. Вологість суміші осадів, що надходить у сушильні апарати, складає 90 – 92%. Концентровані осади у вакуум-сушильні апарати подаються плунжерними насосами або розчинонасосами.

У результаті вакуум-сушіння в барабанних вакуум-сушарках гребкового

Національний університет водного господарства та природокористування

типу (роторних) (рис. 11.29) одержують дегільмінтизований гранульований сухий продукт із вологістю 30 – 40%. Сушіння осадів здійснюється водяною парою з температурою насичення 150°С [3,6].

Періодичне заповнення сушильних апаратів (не більше половини робочого об'єму) вихідним осадом проводиться насосом. По закінченні заповнення включають систему обігріву сушарок парою і вакуум-насоси, що створюють розрідження в сушарках. Сушіння здійснюється при залишковому тиску в апаратах 0,01 – 0,02 МПа. Вторинна пара, що утворюється внаслідок випару води із осаду, надходить у барометричний конденсатор змішування, охолоджуваний очищеною стічною водою, звідки у вигляді конденсату направляється на очисні споруди.

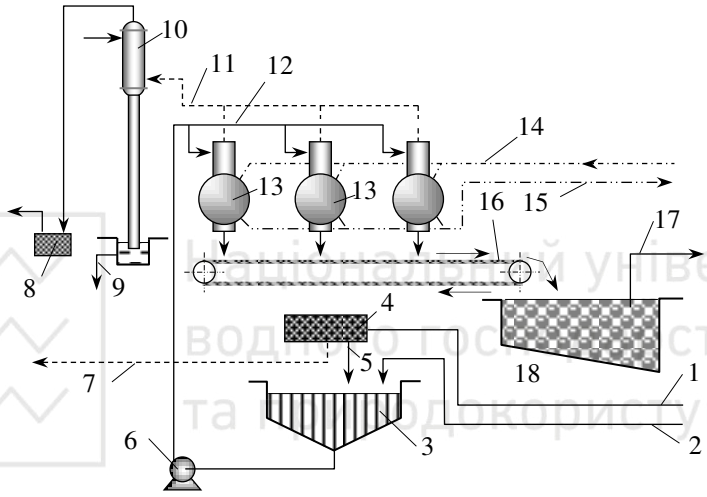


Рис. 11.28. Технологічна схема вакуум-сушіння осадів:
1 – ущільнений надлишковий активний мул; 2 – сирий осад з первинних відстійників; 3 – резервуар–змішувач; 4 – центрифуга; 5 – центрифугований активний мул; 5 – насос подачі осадів у сушарки; 7 – фугат в аеротенки; 8 – вакуум-насос; 9 – конденсат вторинної пари в каналізацію; 10 – барометричний конденсатор: 11 – вторинна пара в конденсатор; 12 – вихідний осад у сушарки: 13 – вакуум-сушарки; 14 – гріюча пара від котельні: 15 – конденсат у котельню; 16 – транспортер сухого осаду; 17 – сухий осад на використання; 18 – бункер сухого осаду

У барометричних конденсаторах конденсат випускається безупинно без порушення вакууму, тому що висота стовпа рідини в барометричній трубі становить 10,5 – 11 м і врівноважує залишковий тиск у системі.

Для малих установок допускається застосування поверхневих конденсаторів (теплообмінників) для конденсації вторинної пари. У цьому випадку варто передбачати не менше двох конденсатозбірників, що працюють послідовно, для того, щоб при періодичному спорожнюванні конденсатозбірника не порушувати вакуум у сушарках.

Концентрація забруднень у конденсаті вторинної пари обумовлена виносом забруднюючих речовин з конденсатом і наявністю летких органічних сполук і

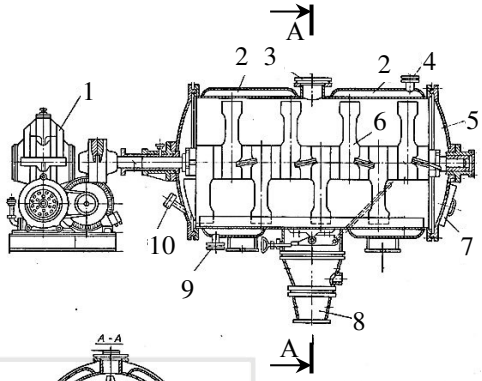
Національний університет водного господарства та природокористування

не перевищує концентрації забруднення стічних вод.

Температура осаду в процесі сушіння змінюється від 50…85°С (кипіння) до 30 – 40°С (наприкінці сушіння). При температурі близько 85°С у період кипіння осаду впродовж не менш 20 хв відбувається його дегельмінтизація.

По закінченні сушіння відключається вакуум, і сухий продукт системою гребків вивантажується на транспортер.

Цикл вакуум-сушіння осадів залежно від вихідної й заданої кінцевої вологості становить від 5 до 10 год і є величиною, обумовленою кількістю вологи, що випаровується, і продуктивністю сушарки прийнятого типу.



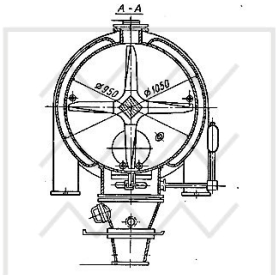


Рис.11.29. Загальний вид вакуум-сушарки гребкового типу СВЦР–950/1700:
1 – привод вала гребків; 2 – парова сорочка; 3 – завантажувальний штуцер; 4 – вихід насиченої пари; 5– корпус апарата; 6 – вал гребків; 7 – лаз: 8 – вивантажувальний штуцер: 9 – вихід конденсату; 10 – патрубок для термометра

Розрахунок вакуум-сушильних установок проводиться методом підбору. У залежності від продуктивності очисних споруд вибирають тип вакуум-сушарок: для споруд продуктивністю до 10 тис.м^3/доб рекомендується застосовувати сушарки перших трьох типів з об'ємом барабана до 4,5 м^3, для споруд продуктивністю понад 10 тис. м^3/доб – сушарки СВТР–10В з об'ємом барабана 10 м^3 (див.табл. 11.13).

Таблиця 11.13

Технічна характеристика вакуум-сушарок

Тип вакуум-сушарки	Об'єм барабана, м^3	Площа поверхні нагріву, м^2	Робочий тиск, МПа		Частота обертання гребків, об/хв
			в апараті (залишковий)	у сорочці	
Циліндричні роторні (гребкові):					
СВЦ–М–950/1700	1,2	4	0,01 – 0.02	0,4	6
СВЦР–950/1700	1.2	6.1	0,01 – 0.02	0.4	13
СВЦ–4К	4,5	14	0,01 – 0,02	0,5	6
Із трубчастим ротором СВТР–10В	10	35	0,01 – 0,02	0,6	5

Витрати тепла, електроенергії і води на проведення вакуум-сушіння осадів зазначені нижче:

Національний університет водного господарства та природокористування

Питома витрата тепла:	
на 1 кг вологи що випаровується, кДж (ккал)	2350 (550)
на 1 м^3 оброблюваного осаду, кДж (ккал) .	2200 (525×10^{-2})
Питома витрата електроенергії:	
на 1 кг вологи що випаровується, кВт-год	5×10^{-2}
на 1 м^3 оброблюваного осаду, кВт-год	4 – 6
на 1 т абсолютно сухої речовини осаду, кВт-год	60
Питома витрата води на конденсацію 1 т вологи, що випаровується, м^3	17 – 18
Напір води на барометричний конденсатор, м	не менш 12

Знаючи робочий об'єм барабана сушарки V_p, м^3, розраховують кількість вологи, що випаровується за один цикл сушіння $W_ц$, кг/цикл:

$$W_ц = 0{,}5V_p \cdot \gamma\left(1-\frac{100-W_n}{100-W_к}\right), \qquad (11.24)$$

де γ – об'ємна маса осаду, кг/м^3; W_n і $W_к$ – відповідно початкова й кінцева вологість осаду, %.

Продуктивність сушарки за вологою що випаровується, P, кг/год, обчислюється за формулою

$$P = U_{ср} \times F_н, \qquad (11.25)$$

де $U_{ср}$ – середня інтенсивність сушіння, кг/(м^2-год), обумовлена за графіком (рис 11.30) залежно від розрахункової маси сухих речовин осадів q, кг/м^2; $F_н$ – площа поверхні нагрівання сушарки, м^2 (див. табл. 11.14).

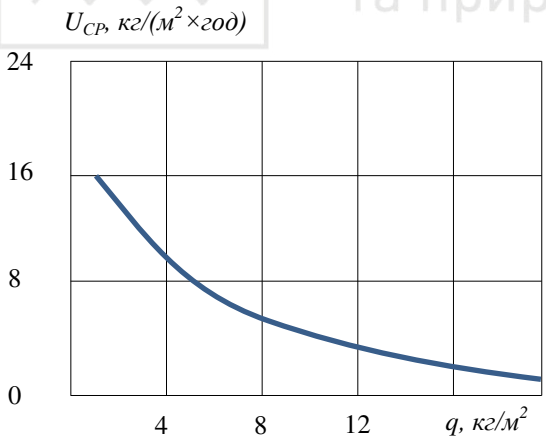


Рис. 11.30. Залежність середньої швидкості інтенсивності сушіння $U_{ср}$ від розрахункової маси сухого осаду q [6]

Розрахункова маса q, кг/м^2, складає

$$q = \frac{0{,}5V_p\gamma_i(100-W_n)}{100F_н}, \qquad (11.26)$$

де γ_1 – об'ємна маса абсолютно сухого осаду, кг/м^3.

Тривалість циклу сушіння $\tau_п$ дорівнює

Національний університет водного господарства та природокористування

$$\tau_ц = \frac{W_ц}{U \cdot F_н} + \tau_o, \tag{11.27}$$

де $\tau_п$ – час, що витрачається на операції з завантаження та вивантаження, год.

Необхідна кількість вакуум-сушарок дорівнює

$$n = \frac{W_{доб}\tau_ц}{24W_ц}. \tag{11.28}$$

Добова кількість випаровуваної вологи $W_{доб}$, кг/доб, складе

$$W_{доб} = Q_f\left(1 - \frac{100 - W_п}{100 - W_к}\right), \tag{11.29}$$

де Q_f – добова кількість осадів що поступають на сушіння, кг.

Продуктивність сушарки за виходом сухого осаду G_2, кг/цикл, дорівнює

$$G_2 = \frac{0{,}5V_p\gamma(100 - W_п)}{100 - W_к}. \tag{11.30}$$

Національний університет водного господарства та природокористування

11.9. Установки дегельмінтизації осадів

Дегельмінтизації можуть піддаватися як не зневоднені, так і механічно зневоднені осади стічних вод. Дегельмінтизація рідких осадів здійснюється введенням у них гострої пари шляхом перемішування або ежектування. Витрата пари визначається з розрахунку прогрівання всієї маси осаду до температури 60 – 65°С. Поряд з обробкою гострою парою дегельмінтизація може здійснюватися шляхом пастеризації осадів у різних теплообмінниках або за допомогою теплоелектронагрівачів (рис.11.31). У процесі дегельмінтизації шляхом прогрівання вологість осадів не знижується. Для скорочення витрати тепла на дегельмінтизацію осади доцільно попередньо згустити і зневоднити [3,6].

Камера дегельмінтизації складається з металевого пластинчастого транспортера із прийомним бункером і встановлених над ним газових пальників інфрачервоного випромінювання.

Для обслуговування установки необхідна шафа управління, вентиляторний агрегат та автоматика запалювання і контролю горіння.

Бункер транспортера являє собою дві рухомі гумовотканинні закриті з боків стрічки, що утворюють гострий кут з регульованим роликами прозором.

Над іншою стрічкою транспортера встановлені 24 пальники, розділені на чотири групи по шість пальників. На газопроводах кожної групи пальників установлені запірні пристрої. Над пальниками встановлений витяжний зонт.

Камера дегельмінтизації працює в такий спосіб. Осад, зневоднений на вакуум-фільтрах або в центрифугах, транспортером подається в бункер, у

Національний університет водного господарства та природокористування

нижній частині якого є ролики, що формують шар осаду певної товщини. Товщина шару осаду може регулюватися в межах 10 – 25 мм. При русі по металевому транспортеру осад прогрівається газовими пальниками інфрачервоного випромінювання, внаслідок чого відбувається його знезаражування і додаткове зниження вологості на 2 – 5%. Для знезаражування осаду його температура повинна підвищуватися до 60°С.

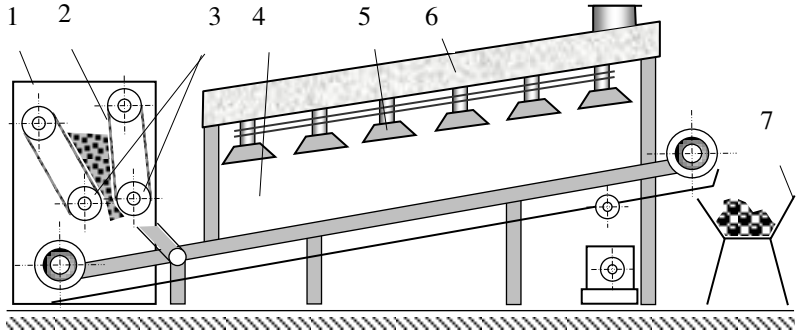


Рис. 11.31. Схема установки дегельмінтизації осадів:
1 – прийомний бункер; 2 – рухомі стінки бункера; 3 – регулювальні вали: 4 – металева стрічка транспортера; 5 – газові пальники інфрачервоного випромінювання; 6 – витяжний зонт; 7 – транспортер обробленого осаду

Технічна характеристика камери дегельмінтизації

Продуктивність за зневодненим осадом, м^3/год	0,4 – 0,6
Швидкість руху стрічки металевого транспортера, м/хв	0,7
Товщина шару кеку, мм	10 – 26
Довжина стрічки, мм (по осях барабанів)	4500
Ширина стрічки, мм	1200
Тиск газу в мережі, мм вод. ст.	70 – 950
Витрата газу на один пальник, м^3/год	0,55 – 1,06
Число пальників ГК–2ГУ–1	24
Вид палива	газ природний
Висота установки пальників над шаром кека, мм	190 – 200

Камери дегельмінтизації призначені для знезаражування механічно зневоднених осадів на станціях аерації продуктивністю до 20 – 30 тис. м^3/доб стічних вод. Осад, що пройшов камери дегельмінтизації, може утилізуватися як добриво.

11.10. Установки для спалювання осадів

11.10.1. Загальні відомості

Осади піддаються спалюванню, якщо їхня утилізація неможлива або економічно недоцільна, а також якщо територія для їхнього складування обмежена або відсутня, і в тих випадках, коли це потрібно з санітарно-гігієнічних міркувань. Спалювання найбільш повно задовольняє вимогам

Національний університет водного господарства та природокористування

захисту навколишнього середовища, оскільки в 80 – 100 разів скорочується об'єм осаду й досягається його повне знешкодження.

Димові гази, що утворюються в результаті спалювання осадів, в основному складаються з пари води і вуглекислого газу; можлива присутність і інших газових компонентів, що значною мірою впливає на схему очищення димових газів перед викидом їх в атмосферу [3].

Один з основних параметрів, який слід мати на увазі при проектуванні установок для спалювання осадів – це їхня вологість. Перед спалюванням необхідно прагнути до максимального зниження вологості осадів шляхом їхнього механічного зневоднювання. Іншим важливим параметром є теплота згоряння горючої маси осадів. Значення теплоти згоряння горючих речовин, МДж на 1 кг сухої речовини осаду, основних видів осадів міських і виробничих стічних вод наведені нижче:

Осад первинних відстійників	19 – 21
Активний мул	15 – 19
Збродженій осад	13 – 17

При виборі місця обробки осадів слід також зважати на їхню токсичність, радіоактивність, неприємний запах і інші фактори, при яких спалювання осадів може виявитися єдино прийнятним рішенням.

Процес спалювання осадів у печах можна умовно розділити на наступні стадії: нагрівання, сушіння, відгін летючих речовин, спалювання горючої органічної частини і прожарювання для вигоряння залишків вуглецю.

На нагрівання осаду до температури 100°С, потім на його сушіння при температурі близько 200°С витрачається основна кількість тепла та основний час. Ці параметри також впливають на вибір габаритів основного й допоміжного устаткування, отже, визначають вартість і техніко-економічні показники в цілому.

При випарюванні вологи в зоні сушіння разом з водяною парою відбувається відгін летючих речовин, чим іноді обумовлюється неприємний запах.

Загоряння осаду відбувається при температурі 200 – 500°С внаслідок теплової дії факела й розпечених стінок камери спалювання, а також конвекційної теплопередачі димових газів.

Прожарювання зольної частини осаду завершується його охолодженням до температури, за якої золу можна вивозити за межі майданчика.

Розрахункова температура в топці печі не повинна перевищувати температуру плавлення золи (звичайно близько 1050°С) і повинна бути не нижче 700°С, при якій забезпечується надійна дезодорація газів.

При проектуванні установок для спалювання осадів варто домагатися повноти згоряння органічної частини осаду й утилізації тепла відхідних газів.

Вибір конструкції печі для спалювання зневоднених осадів обмежений внаслідок їхньої високої вологості й неспікання коксового залишку. Перша властивість виключає можливість спалювання осаду безпосередньо у факелі

Національний університет водного господарства та природокористування

або в циклонних печах без попереднього сушіння, друга – можливість спалювання осадів на колосникових решітках, тому на цей час основне поширення одержали печі киплячого шару, багатоподові і обертові барабанні печі. Інші конструкції печей для спалювання осадів застосовуються рідко. Необхідно відзначити, що в нашій країні недостатній практичний досвід спалювання каналізаційних осадів.

11.10.2. Установки з печами киплячого шару

Установки з печами киплячого шару добре відомі в технології сушіння і випалювання в різних галузях промисловості. Піч, що представляє собою вертикальний сталевий циліндр, футерований зсередини шамотною цеглою або жаростійким бетоном, складається із циліндричної топкової камери й нижньої конусної частини з повітророзподільною безпровальною решіткою. Угорі піч закінчується куполоподібним зводом. На решітку насипається шар товщиною 0,8 – 1 м термічно стійкого кварцового піску фракції 0,6 – 2,5 мм.

Киплячий (псевдозріджений) шар у печі утворюється при продуванні повітря через розподільчу решітку зі швидкістю, при якій частки піску турбулентно переміщаються і ніби киплять у газовому потоці. Повітря нагнітається повітродувкою в рекуператорі, у якому підігрівається димовими газами, що відходять із печі, до температури 600 – 700°С, і потім надходить під розподільну решітку під тиском 12 – 15 кПа [9].

Розрахунок печей зводиться до визначення матеріального й теплового балансів процесу спалювання осаду, установлення геометричних розмірів елементів печі, кількості додаткового палива, повітря й димових газів. Розміри печі визначають виходячи з об'єму осаду, що спалюється, і швидкості повітря в розподільчій решітці. Ця швидкість залежить від гідродинамічного режиму роботи печі й прийнятої крупності піску, а також властивостей спалюваного осаду (вологості, зольності, дисперсності золи). Кількість повітря, необхідного для повного окислювання органічної речовини осаду, знаходять із його елементарного складу.

На рис. 11.32 показана схема установки з піччю киплячого шару. Зневоднений осад з вологістю 60 – 75% транспортером подається через завантажувальний бункер і шнековий живильник у піч. Проходячи топкову камеру, температура в якій 900 – 1000°С, осад підсушується й розосереджується в киплячому шарі, де відбувається його інтенсивне перемішування з розпеченим кварцовим піском, а також здрібнювання агломератів осаду, миттєвий випар вологи, виділення летких органічних речовин, згоряння коксового залишку й випал мінеральної частини.

Весь процес внаслідок інтенсивного масо- і теплообміну триває не більше 1 – 2 хв. Летуча частина горючої маси осаду повністю вигорає над киплячим шаром, у результаті чого температура газу підвищується.

Первісне завантаження й наступна підтримка заданого рівня піску на решітці здійснюються через шлюзовий живильник. Пісок (при необхідності його заміни) може вивантажуватися знизу решітки через спеціальний

Національний університет водного господарства та природокористування

шлюзовий затвор.

Дрібна зола й пил виносяться з печі з потоком відхідних газів, які надходять у рекуператор (повітропідігрівач). Для зниження температури димових газів до 900°С перед входом в рекуператор передбачається примусова подача холодного повітря, кількість якого регулюється системою автоматики. Повітря, що нагнітається під тиском, проходить у міжтрубний простір рекуператора й переміщається за принципом перехресного протитоку, для чого міжтрубний простір рекуператора по висоті розділено перегородками [6].

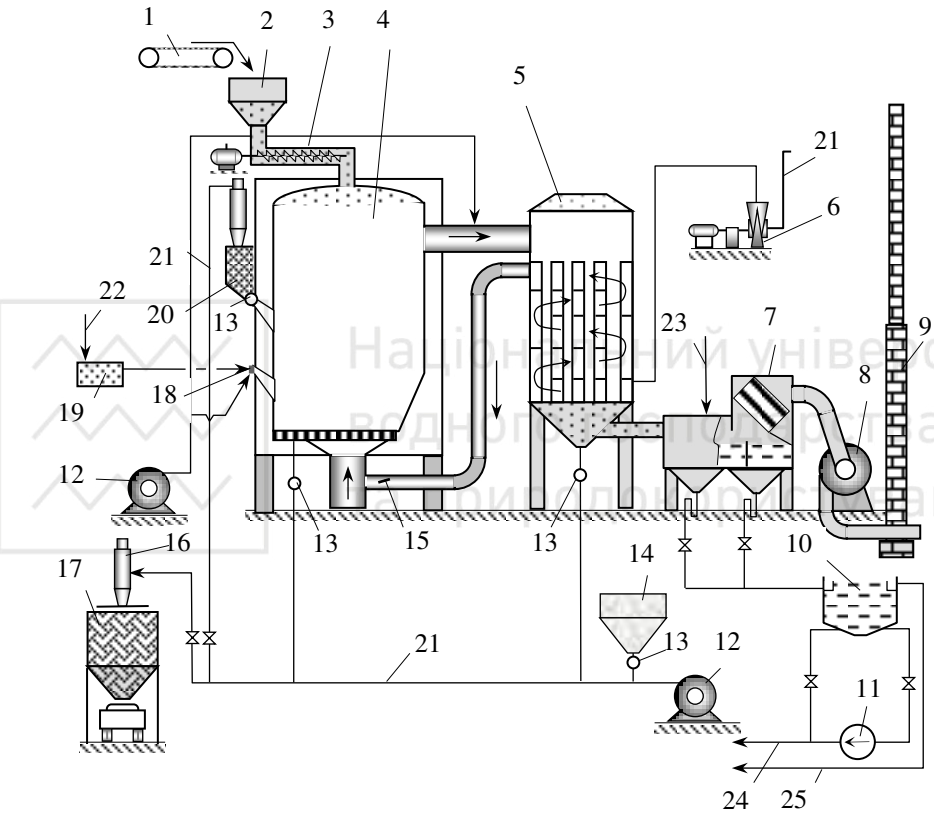


Рис. 11.32. Схема спалювання осадів у печі киплячого шару:
1 – транспортер стрічковий; 2 – бункер завантаження осаду; 3 – живильник шнековий; 4 – піч з киплячим шаром; 5 – рекуператор; 6 – повітродувка; 7 – пиловловлювач мокрий; 8 – димосос; 9 – труба димова; 10 – золова ємність; 11 – насос перекачування золової води; 12 – вентилятор; 13 – живильник шлюзовий; 14 – бункер для піску; 15 – заслінка; 16 – вивантажувач циклонний; 17 – бункер вивантаження золи; 18 – пальник газовий; 19 – газорегуляторна установка; 20 – бункер-дозатор; 21 – повітропровід; 22 – трубопровід паливного газу; 23 – водопровід; 24 – золопровід; 25 – каналізаційний трубопровід

Нагріте повітря, проходячи через решітку печі із розрахунковою швидкістю, забезпечує псевдозрідження шару й підтримку в ньому необхідної температури горіння. У тому випадку, коли власної теплоти згоряння

Національний університет водного господарства та природокористування

органічної частини осаду недостатньо для підтримки процесу горіння, у піч через бічні пальники вводять додаткове паливо.

Для початкового розпалювання печі, а також постійного підсвічування (з метою забезпечення стійкості процесу спалювання) встановлюються два-три газоповітряні пальники низького тиску.

Запилені димові гази, охолоджені в рекуператорі, направляються на мокру пилоочистку, де звільняються від золи і пилу і викидаються в атмосферу.

Технічна характеристика печі з киплячим шаром

Температура повітря й газів, °С:	
на вході в піч	600 – 700
у киплячому шарі	650 – 760
у топковій камері над киплячим шаром	900 – 4000
Навантаження за випаровуваною вологою на 1 $м^3$ об'єму печі, кг/год	60 – 100
Винос золи відхідними газами, %	80 – 100
Робоча швидкість повітря, віднесена до площі решітки, м/с	1,2 – 2
Питомі витрати на 1 кг випаровуваної вологи:	
тепла, МДж	4 – 4,6
електроенергії. КВт-год	0,04 – 0,05

До недоліків печей з киплячим шаром відноситься запиленість відхідних газів і необхідність влаштування рекуператорів; до переваг – відсутність рухомих механізмів у високотемпературній зоні, достатня інтенсивність процесу, компактність установок, спалювання осадів з більшим діапазоном вологості, можливість розміщення установки на відкритому повітрі, швидкі запуск і зупинка печі.

11.10.3. Установки із череневими печами

Принципова схема установки із череневою піччю наведена на рис. 11.33. Корпусом печі є вертикальний сталевий циліндр діаметром 6 – 8 м, футерований зсередини вогнетривкою цеглою або жаростійким бетоном. Топковий простір печі ділиться по висоті на сім-дев'ять горизонтальних вогнетривких подів. Через центр печі проходить вертикальний обертовий вал, на якому радіально укріплені горизонтальні ферми гребкових пристроїв, відлиті з жаростійкого чавуну. Кожний черінь має пересипні отвори, розташовані в одного поду на периферії, а в іншого, нижче розташованого – у центральній частині [6].

Осад подається транспортером через завантажувальний люк у верхню камеру печі, переміщується гребками до пересипного отвору, скидається на нижче розташований черінь, знову переміщається й т.д. У такий спосіб забезпечується безперервний рух маси осаду назустріч гарячим топковим газам. Застосування гребкових механізмів для перемішування та здрібнювання осадів сприяє інтенсифікації процесів сушіння і горіння. Вертикальний вал і

Національний університет водного господарства та природокористування

ферми гребкових механізмів виконуються порожнинними і охолоджуються повітрям, що подається вентилятором. Частина цього повітря по спеціальному повітропроводу подається в зону охолодження золи і далі в зону спалювання осаду.

Череневі печі працюють із подачею приблизно 50% надлишкового повітря. Кількість повітря регулюється автоматично з використанням аналізаторів кисню, що контролюють його концентрацію в димових газах.

Верхні камери печі є зоною сушіння вологого осаду, де відбувається випар основної частини вологи. У середніх камерах органічні речовини осаду згоряють при температурі 600 – 900°С, у нижніх зола охолоджується перед скиданням у зольний бункер.

Зола з бункерів багаточереневої печі може транспортуватися як у сухому вигляді пневмотранспортом на золовідвал, так і в мокрому (див. рис. 11.33) – разом із золою пиловловлювача на мулові майданчики.

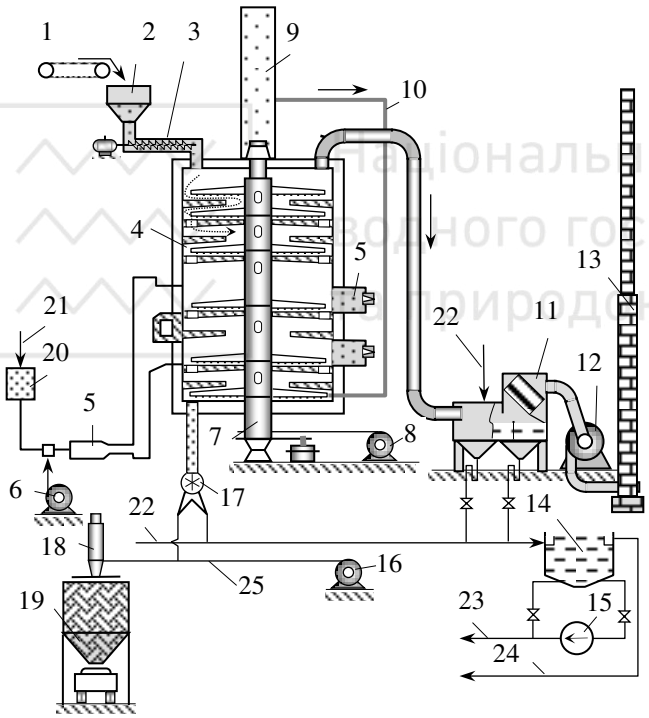


Рис. 11.33. Схема спалювання осадів у череневій печі:
1 – транспортер стрічковий; 2 – бункер завантаження осаду; 3 – живильник шнековий; 4 – багаточеренева піч; 5 – зовнішня топка; 6 – вентилятор: 7 – вал печі; 8 – вентилятор охолодження; 9 – труба атмосферна; 10 – рециркуляційний трубопровід; 11 – пиловловлювач мокрий; 12 – димосос; 13 – труба димова; 14 – золова ємність; 15 – насос перекачування золової води, 16 – вентилятор пневмотранспорту; 17– живильник шлюзовий; 18 – розвантажувач циклонний; 19– бункер вивантаження золи; 20 – газорегуляторна установка; 21 – трубопровід паливного газу; 22 – водопровід; 23 – золопровід; 24 – каналізаційний трубопровід; 25 – повітропровід

Зустрічний рух вологого осаду й горючих топкових газів у зоні сушіння сприяє охолодженню газів до температури 250 – 300°С. Гази відводяться в мокрий пиловловлювач і димососом викидаються в атмосферу.

Для розпалювання, а також підтримки усталеної роботи піч облаштована трьома-чотирма виносними топками, обладнаними пальниками із примусовою подачею повітря.

Леткі речовини на ранніх стадіях сушіння майже відсутні. Інтенсивне їхнє виділення відбувається в безпосередній близькості від зони горіння основної

Національний університет водного господарства та природокористування

маси осаду, де вони встигають згоріти практично повністю. За нормальної експлуатації печі димові гази майже не мають неприємних запахів.

В разі потреби вологий газ після зони сушіння можна дезодорувати із застосуванням спеціальної камери допалювання, установлюваної або окремо, або в самій печі.

Перевагою багаточереневих печей є можливість обробки (сушіння і спалювання) як осадів первинних і вторинних відстійників, так і залишків на решітках, спливаючих речовин з відстійників і нафтоуловлювачів, забрудненого піску з піскоуловлювачів і інших промислових відходів. Багатоподові печі відрізняються простотою обслуговування, а також надійністю й стійкістю роботи при значних коливаннях кількості і якості оброблюваних осадів. Відзначається невеликий виніс пилу в атмосферу при роботі печей. Печі можуть установлюватися на відкритому повітрі.

До недоліків багатоподових печей відноситься порівняно висока будівельна вартість, значні габарити, наявність обертових механізмів у високотемпературній зоні, частий вихід з ладу гребкових пристроїв.

11.10.4. Установки з барабанними обертовими і циклонними печами

Барабанні обертові печі широко застосовуються в різних галузях промисловості. Найбільшого поширення барабанні печі одержали при випалі цементного клінкеру й керамзиту. Барабанні печі використовують для спалювання осадів у суміші з міським сміттям [6].

На рис. 11.34 показана схема установки барабанної обертової печі. Барабан установлюється з ухилом 2 – 4° у бік відкатної топки. Остання має циліндричну форму, футерована шамотною цеглою й обладнана газомазутними пальниками. Топка розташовується на рейках, що дозволяє ремонтувати барабан і заміняти футеровку. Зневоднений осад завантажується із протилежного від топки кінця барабана.

У міру просування через зону сушіння і зону згоряння в барабані осад підсушується, а потім згоряє з виділенням тепла. Гаряча зола висипається через отвір у топковій камері і надходить у повітряний охолоджувач, звідки пневмотранспортером подається в прийомний бункер і вивозиться на золовідвал.

Якщо зола використовується як присадка до реагенту, то вона транспортується в цех механічного зневоднювання осаду.

Нагріте повітря після охолодження золи до 100°С надходить у топкову камеру для використання при горінні.

З відвідними газами виносяться дрібний пил, а також леткі органічні речовини, що виділяються в зоні сушіння.

Допалювання летких речовин і дезодорацію газів при необхідності можна здійснювати в спеціальному відсіку завантажувальної камери. Винос золи з відхідними газами невеликий і становить не більше 10%, тому гази можуть очищатися як у групових циклонах, так і в пиловловлювачах.

У зоні сушіння температура відхідних газів 200…220°С, вологість осаду при

Національний університет водного господарства та природокористування

цьому знижується з 65 – 80 до 30 – 40%. У зоні спалювання, довжина якої звичайно не перевищує 8 – 12м, температура сягає 900 – 1000°С.

Барабан у зоні спалювання футерується вогнетривкою цеглою, що на 4 – 6 м заходить у зону сушіння. Остання обладнана спеціальними насадками, які служать для подрібнення й перемішування осаду в процесі сушіння. Товщину футеровки із шамотної цегли приймають 230 мм.

До переваг барабанних печей відноситься малий винос тепла і невелика запиленість відхідних газів, можливість обробляти осади з високою зольністю і великою вологістю; можливість установки обертової частини печей на відкритому повітрі (топкова частина і камера завантаження розміщаються в приміщеннях).

Недоліками барабанних печей є громіздкість, значна маса, високі капітальні витрати, відносна складність експлуатації.

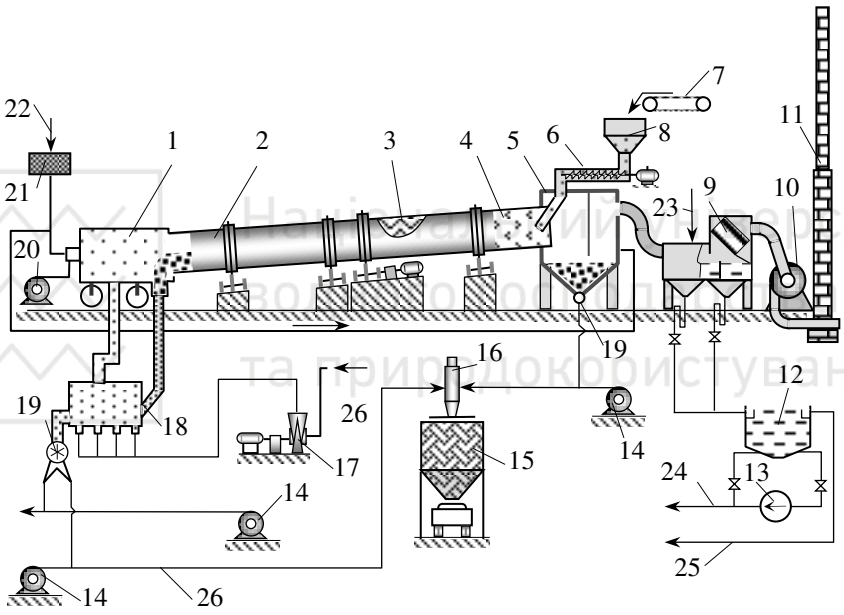


Рис. 11.34. Схема спалювання осадів в обертовій печі:
1 – топка відкатна; 2 – піч обертова; 3 – насадка лопатева; 4 – насадка приймально–гвинтова; 5 – камера допалювання; 6 – живильник шнековий; 7 – транспортер стрічковий; 8 – бункер завантаження осаду; 9 – пиловловлювач мокрий; 10 – димосос; 11– труба димова; 12 – золова рідина; 13 – насос перекачування золової води; 14 – вентилятор пневмотранспорту; 15 – бункер 16 – вивантажувач циклонний; 17 – повітродувки; 18 – аероохолоджувач; 19 – живильник шлюзовий; 20 – вентилятор; 21 – газорегуляторна установка; 22 – газопровід; 23 – водопровід, 21 – золопровід; 25 – каналізаційний трубопровід; 26 – повітропровід

Циклонні печі застосовуються для спалювання в розпиленому стані рідких або дрібнодисперсних сухих матеріалів. Спалювання зневоднених осадів через технічні труднощі при їхньому розпилюванні в циліндричній камері печі поки не набуло поширення. Однак це не виключає принципової можливості застосування циклонних печей для таких цілей. Оскільки спалювання осадів у

Національний університет водного господарства та природокористування

рідкому вигляді економічно недоцільно, вони перед подачею в циклонну піч повинні піддаватися попередній сушці і ретельному здрібнюванню. Термічне сушіння може здійснюватися в сушарках із зустрічними струменями.

Найбільш ефективними є установки для спалювання осаду з використанням для сушіння осаду відхідних із циклонної печі топкових газів. Така установка включає сушильний апарат, подрібнювач осаду, циклонну піч, камери дезодорації газів, мокру пилоочистку, димосос, димар.

11.11. Мулові і піскові майданчики

Мулові майданчики призначені для природного зневоднювання осадів, що утворюються на очисних каналізаційних станціях. Незважаючи на впровадження механічних, теплових і інших способів обробки осадів, мулові майданчики різних типів і модифікацій широко застосовуються в якості основних споруд для підсушування осадів, і в якості резервних майданчиків при застосуванні штучних методів зневоднювання [9].

Відомі різні типи мулових майданчиків, що класифікуються залежно від технології процесу підсушування осаду і від виду основи, що влаштовується: на природній основі (без дренажу, із дренажем), на штучній основі (піщано-гравійному, асфальтобетонному), з відстоюванням і поверхневим видаленням мулової води, мулові майданчики-ущільнювачі та ін.

Технологія підсушування осаду на мулових майданчиках розділяється на два етапи: видалення мулової води, здатної фільтруватися через основу карт або відстоюватися; природне підсихання осаду в результаті випару.

Осад, як правило, підсушується до вологості не більше 70 – 80%. Подальше його зберігання на мулових майданчиках недоцільно, тому що при цьому відбувається доброджування осаду і збільшення його зольності.

Одним з можливих методів, що прискорюють природну сушку осаду на мулових майданчиках, є рихлення. При цьому видаляється рослинний покрив і руйнується поверхнева кірка, що сприяє прискореному підсиханню осаду в теплий сухий час і більш глибокому проморожуванню в зимовий. Навантаження осаду на мулових майданчиках у районах із середньорічною температурою повітря 3 – 6°С і середньорічною кількістю атмосферних опадів до 500 мм рекомендується приймати по табл. 11.15.

Мулові майданчики на природній основі допускається проектувати на добре фільтруючих ґрунтах (пісок, супісок) при заляганні ґрунтових вод на глибині не менш 1,5 м від поверхні карт і тільки в тих випадках, коли допускається фільтрація мулової води в ґрунт. При меншій глибині залягання ґрунтових вод варто передбачати зниження їхнього рівня.

Розміри карт і кількість випусків осаду на карту визначають виходячи з вологості осаду, дальності його розливу і способу збирання після підсихання. Дальність розливу осаду з вологістю близько 97% може становити 75 – 100 м. При цьому доцільно будувати мулові майданчики розміром 100×100 м. Дальність розливу осаду з вологістю 93 – 95% може становити 20 – 25 м, у цьому випадку ширина карт буде обмежена 40 – 50 м при двосторонньому

Національний університет водного господарства та природокористування

напуску. Вузькі майданчики доцільно планувати на території, що має добре виражений ухил. Для осадів з питомим опором нижче $1000 \cdot 10^{10}$ см/г допускається застосування мулових майданчиків із дренажем, при цьому навантаження приймають від 2 до 3 $м^3/(м^2\text{-рік})$.

Мулові майданчики повинні перевірятися на зимове наморожування, для якого допускається використання 80% їхньої площі (інші 20% площі призначаються для використання на час весняного танення мерзлого осаду). Тривалість періоду наморожування варто приймати рівною кількості днів із середньодобовою температурою повітря нижче – 10°С.

Таблиця 11.15

Навантаження осаду на мулові майданчики

Вид осаду	Навантаження осаду, $м^3$ на 1 $м^2$ мулового майданчика на рік		
	на природній основі без дренажу	з відстоюванням і поверхневим видаленням води	мулових майданчиків – ущільнювачів
Суміш із первинних відстійників і активного мулу, зброджена в умовах:			
мезофільних	1,2	1.44	2.4
термофільних	0.8	0,96	1,6
Зброджений осад з первинних відстійників і із двоярусних відстійників і прояснювачів – перегнивачів	2	2,4	

Примітки: 1. Навантаження на мулові майданчики в інших кліматичних умовах варто визначати з урахуванням кліматичного коефіцієнта.

2. У випадках, коли відомо питомий опір осаду, навантаження на мулові майданчики на природній основі варто приймати від 2 до 0,5 $м^3/м^2$ у рік при питомому опорі від $100 \cdot 10^{10}$ до $10000 \cdot 10^{10}$ см/г. При цьому навантаження для майданчиків інших видів рекомендується приймати пропорційно, наведеним значенням.

Технічна характеристика мулових майданчиків	
Число карт	4
Робоча глибина (висота напуску осаду), м	0,7 – 1
Висота огороджувальних валиків на розрахункову висоту випуску осаду	0.3 і вище
Ширина огороджувальних валиків, м	
по верху	не менш 0,7
при використанні механізмів для їхнього ремонту	1,8 – 2
Ухил труб або лотків за розрахунком, але не менше	0.01

Кількість намороженого осаду допускається приймати рівним 75% вихідного осаду, поданого на мулові майданчики за період наморожування.

Мулові майданчики з відстоюванням і поверхневим видаленням мулової води доцільно застосовувати на малофільтруючих грунтах для очисних споруд

Національний університет водного господарства та природокористування

продуктивністю більше 10 тис. м^3/добу.

Кількість відстояної мулової води, що повертається на очисні споруди, приймається 30 – 50% кількості осаду, що зневоднюється. При вологості вихідного осаду 97,5% і менше приймається верхня межа, для осаду підвищеної вологості з перевагою в ньому активного мулу – нижня. Додаткові забруднення від мулової води слід приймати; за завислими речовинами 1000 – 2000 мг/л; за $БПК_{повн}$ = 1000 – 1500 мг/л.

Мулові майданчики-ущільнювачі рекомендується передбачати для осадів, здатних добре розшаровуватися і легко віддавати мулову воду (стічні води м'ясокомбінатів або близькі до них за складом стоки). Середня вологість осадів, що надходять на мулові майданчики-ущільнювачі, не повинна, як правило, перевищувати 95,9%.

Мулові майданчики-ущільнювачі являють собою прямокутні залізобетонні резервуари (карти) з отворами, розташованими в поздовжній стінці на різних глибинах і перекритих шиберами. Можливість відводу відстояної мулової води з різних глибин сприяє швидкому зневоднюванню осаду і дозволяє значно збільшити річне навантаження, наприклад, для осадів стічних вод м'ясокомбінатів або осадів після прояснювачів-перегнивачів до 10 – 12 м^3/(м^2-рік).

Для зневоднювання піску, що надходить із пісколовки, у складі очисних споруд передбачаються піскові майданчики, що представляють собою карти з валиками, які обгороджують, висотою 1 – 2 м, обладнані шахтними водоскидами для відводу відстояної води. Вода, що видаляється, направляється в початок очисних споруд.

Навантаження на піскові майданчики слід приймати не більше 3 м^3/(м^2-рік) з урахуванням періодичного вивезення підсушеного піску впродовж року.

На станціях продуктивністю до 75 тис. м^3/доб допускається влаштування бункерів для відмивання піску від органічних домішок і зневоднювання.

11.12. Земляні ємності для накопичення стічних вод, складування осадів і твердих відходів виробництва

У системах водопостачання і каналізації промислових підприємств земляні ємності передбачаються для нагромадження осадів і твердих відходів виробництва, прояснення і усереднення стічних вод. Земляні ємності поділяють на ставки-накопичувачі, золошлаконакопичувачі, шламонакопичувачі і хвостосховища [6].

Ставки-накопичувачі влаштовуються для накопичення виробничих і дощових стічних вод, забруднених шкідливими речовинами. Залежно від призначення ставки-накопичувачі поділяються на ставки-усереднювачі і накопичувачі-регулятори.

Ставки-випарники влаштовуються при розташуванні підприємств у районах з дефіцитом вологості, де внаслідок випару води виключається скид забруднених стічних вод у водойми.

Ставки-усереднювачі призначаються для накопичення дощових і інших

Національний університет водного господарства та природокористування

стоків, а також для усереднення концентрацій забруднень пікових і аварійних витрат забруднених виробничих стічних вод.

Накопичувачі-регулятори призначаються для відстоювання і акумулювання стічних вод у межах, що визначають їхнє припустиме розведення.

Шламонакопичувачі влаштовуються для прояснення шламових вод і накопичення твердих відходів (шламів) від металургійних заводів, рудопромивних фабрик, системи газоочищення доменних цехів, котельних установок, геоакустик, водоочисних станцій і очисних споруд промислової каналізації.

Золошлаконакопичувачі використовуються для складування шлаків і золи котелень, ТЕЦ та інших підприємств. Іноді в золошлаконакопичувачі скидають для очищення забруднені стічні води, тому що зола і шлаки є сорбентами багатьох шкідливих речовин.

Хвостосховища споруджуються для складування твердих відходів (хвостів) гірничо-збагачувальних комбінатів, підприємств чорної і кольорової металургійної промисловості.

Залежно від рельєфу місцевості земляні ємності поділяються на яружні, рівнинні, заплавні, косогірні, котловинні, улоговинні.

Залежно від призначення ємності виконуються односекційними, двосекційними і багатосекційними.

При проектуванні і будівництві накопичувачів будь-якого класу капітальності повинна бути звернена увага на захист території від підтоплення і заболочування з урахуванням прогнозу гідрогеологічних умов.

Для якісної експлуатації земляних ємностей важливим є схема їх заповнення, яка залежить від технології намиву, зернового складу шламів (хвостів), їх об'єму, класу капітальності споруд, топографічних і гідрогеологічних умов майданчика.

Необхідний об'єм земляної ємності: W, м^3, з деяким наближенням можна визначити за виразом

$$W = Qnt / \gamma_o \eta, \qquad (11.31)$$

де Q – добова кількість шламу, осаду, хвостів, що надходить у земляну ємність, т; n – кількість робочих днів на рік; t – строк експлуатації ємності, роки; γ_o – об'ємна маса шламів, т/м^3; η – коефіцієнт заповнення ємності, рівний 0,75 – 0,9.

Ширина по гребеню гребель і дамб визначається з урахуванням ширини дороги, що прокладається по гребеню, кількості пульпопроводів, що укладаються по гребеню, умов виконання ремонтних робіт, але не менш 3,5 м.

Укоси як насипних, так і намивних гребель (дамб) необхідно захищати від впливу хвиль, льоду, атмосферних осадів і вітрової ерозії. Коли верховий укіс дамб замивається твердими відходами, кріплення укосу, як правило, не потрібно (рис.11.35).

Для захисту сухих укосів дамб від дії атмосферних осадів і пилу залежно від наявних на місці матеріалів застосовуються покриття шаром рослинного

Національний університет водного господарства та природокористування

ґрунту товщиною 15 – 20 см з наступним посівом трав; відсипання шару шлаків, гравію, гравелистого ґрунту товщиною 0,2 – 0,3 м.

Основні вимоги до дамб зводяться до забезпечення стійкості їхніх укосів від оповзання і опливання під дією виклинювальних на укосі фільтраційних вод. Якщо ґрунти чаші шламонакопичувача або іншої ємнісної споруди придатні для влаштування дамб, то оптимальним рішенням для цих споруд варто вважати таке, при якому об'єм ґрунту, що відсипається, дорівнює об'єму виїмки.

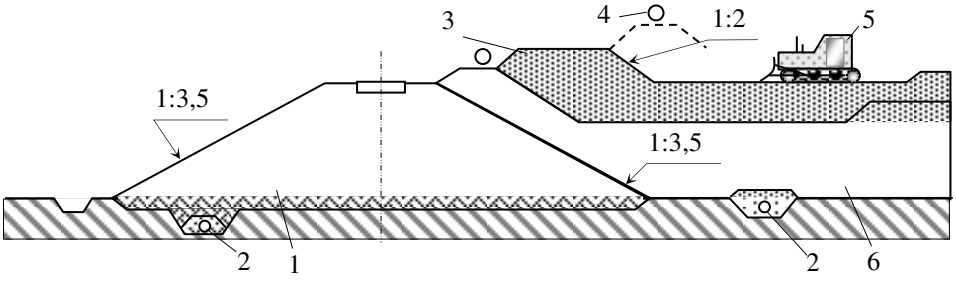
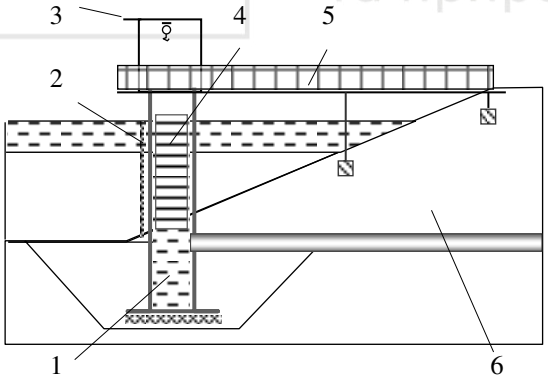


Рис. 11.35. Схема влаштування дамб вторинного обвалування:
1 – первинна дамба; 2 – дрени; 3 – дамби вторинного (поступового) обвалування; 4 – розподільний пульпопровід; 5 – бульдозер; 6 – шлами (хвости)

Відвід води з ємностей може бути здійснений із застосуванням водоскидних колодязів (рис. 11.36), відкритих водоскидів, плавучих і пересувних насосних установок. Ці споруди застосовуються як для скидання води у водойми, так і для відбору її в системи оборотного водопостачання.



Колодязі обладнуються сміттязатримуючими решітками і підйомними засобами для установки шандор.

Рис.. 11.36. Водоприймальний (водоскидний) колодязь:
1 – колодязь; 2 – шандори; 3 – пристрій для підйому шандор; 4 – решітка; 5 – місток, 6 – дамба

Відстань від місця випуску пульпи до водоскидної споруди і глибина води перед спорудами повинні бути такими, щоб забезпечувалося необхідне прояснювання пульпи.

Земляні ємності, заповнені до проектної позначки токсичними відходами промисловості, впродовж багатьох років можуть залишатися потенційними джерелами забруднення навколишнього середовища.

При здійсненні захисних заходів повинен передбачатися організований відвід поверхневих вод. Такий захист здійснюється влаштуванням по всій

Національний університет водного господарства та природокористування

площі протифільтраційного екрана і мережі канав, що відводять ці води в нижній б'єф. Екран може бути виконаний із глинистого ґрунту товщиною 0,5 м або зі стабілізованої полімерної плівки. Зверху він покривається захисним шаром місцевого ґрунту товщиною близько 20 см.

11.13. Особливості утилізації гною і гноївки на фермах

11.13.1. Характеристика гноївки

На фермах сільського господарства накопичуються значні об'єми стічних вод та гною, якість і кількість яких значною мірою залежить від виду тварин, умов їх утримання, складу кормів, режиму харчування тощо. Неефективні прийоми утилізації таких стоків призводять до забруднення підземних вод, незадовільних санітарно-гігієнічних умов для працюючого персоналу, погіршення екологічного стану довкілля [1,10].

Таблиця 11.16

Кількість відходів від домашніх тварин [11]

Тварини	Кількість відходів, кг/(гол×доб)		
	кал	сеча	разом
Велика рогата худоба:			
– телята	6,0 – 9,6	4,0 – 6,4	10,0 – 16,0
– молодняк $1^1/_2$ – 2 років	9,6 – 12,0	6,4 – 8,0	16,0 – 20,0
– молодняк віком понад 2 роки	12,0 – 16,8	8,0 – 11,2	20,0 – 28,0
– бики	10,0 – 20,4	7,2 – 13,6	18,0 – 34,0
– корови	20,0 – 30,0	10,0 – 15,0	30,0 – 45,0
Свині			
– початкова відгодівля	1,2 – 1,7	1,8 – 2,5	3,0 – 4,2
– середня відгодівля	1,4 – 1,9	2,2 – 2,9	3,6 – 4,8
– кінцева відгодівля	1,6 – 2,0	2,4 – 3,0	4,0 – 5,0

Поширення безпідстилочної технології в тваринництві зумовило пошук рішень з безпечного використання гною. Гноївка складається з суміші гною - кал і сеча - та технологічної води із залишками корму. Щоденна вага гноївки на умовну одиницю худоби становить 45 кг. Кількість гноївки можна визначити за даними таблиці 11.16 та з урахуванням технологічних витрат води. Раціональне використання технологічної води не повинне перевищувати 10 $дм^3$/доб на умовну одиницю худоби (УОХ). У випадку з молочними коровами маса технологічної води становить 70% від маси гноївки, тим самим добова маса гноївки сягає 51-76 кг/гол. На практиці гноївка має різну консистенцію: густа гноївка – вміст сухої речовини ≥ 8% і рідка - вміст сухої речовини менше 8% [11]. Останнє значення є характерним для гноївки з промислових ферм великої рогатої худоби.

Загрозою для навколишнього середовища є склад гноївки параметри, якого наведено в таблиці 11.17. Насправді склад гноївки може бути найрізноманітнішим залежно від технології вирощування тварин, їх віку, типу і складу харчування, кваліфікації і дисципліни персоналу і т.п. Тому в

Національний університет водного господарства та природокористування

кожному випадку при розробці проектних рішень слід користуватися відомостями про склад гноївки за репрезентативними зразками гноївки.

Гноївка містить значну кількість різноманітних речовин. До них належать продукти травлення, різні метаболіти[7], що виділяються з організму, мінерали, макро- і мікроелементи, включно з іонами важких металів.

Гноївка це зручне середовище для існування різних мікробів включно з хвороботворними, вірусами, а також різними формами паразитів.

Кількість мікроелементів у гноївці дуже мінлива і сильно корелює з вмістом сухої речовини. Гноївка великої рогатої худоби в середньому містить в сухій масі: 114 проміле заліза, 26,8 проміле цинку, 16,5 проміле марганцю, 2,9 проміле міді, 0,085 проміле молібдену [11]. У гноївці міститься значна маса різних хімічних речовин, що виводиться з організму тварин, присутні фармакологічні препарати із груп: антибіотиків, протигрибкові препарати, препарати для боротьби з паразитами, психотропні гормони, ферменти, стимулятори, дезінфектанти тощо.

Таблиця 11.17

Середній за основними показниками хімічний склад гноївки з промислових ферм [11]

Показник	Гноївка великої рогатої худоби		Гноївка свиней	
	середня густота	рідка	середня густота	рідка з малих ферм
pH	7,5	7,7	7,3	7,3
Загальна суха маса, г/м^3	105000	65000	80000	55650
Суха маса органічна, г/м^3	80000	38000	58000	43070
Суха маса мінеральна, г/м^3	25000	17000	22000	12580
БПК$_5$, O$_2$ г/м^3	16800	9000	16000	13800
ХПК, O$_2$ г/м^3	32600	23000	26000	25500
Азот загальний *N,* г/м^3	4400	3100	4800	4600
Азот амонійний *NH$_3$,* г/м^3	2100	1700	2650	2500
Фосфати *P$_2$O$_5$*, г/м^3	2500	800	3500	2500
Оксид калію *K$_2$O,* г/м^3	5000	3500	4600	2900
Оксид кальцію *CaO*, г/м^3	1500	1800	2800	1200
Оксид магнію *MgO*, г/м^3	730	900	900	600
Оксид натрію *Na$_2$O*, г/м^3	780	700	800	430

Концентрації забруднюючих речовин, що скидаються з побутово-господарськими стічними водами, мають невеликі значення в порівнянні з тими, які мають місце для стоків від тваринництва (таблиця 11.18).

При співставленні наведених даних є очевидним, що добова величина *БПК$_5$* від корів масою в 500 кг с співмірною з *БПК$_5$*, що формується від 15 еквівалентних жителів (15 ЕЖ). *БПК$_5$* від умовної одиниці худоби (УОХ) на

[7] Метаболізм - (від грец. *Metabole* зміна), обмін речовин, сукупність процесів біохімічних перетворень речовин і енергії в живих організмах. Метаболізм складається з двох протилежних за результатами процесів асиміляції і дисиміляції.
Метаболіти - хімічні речовини, задіяні в метаболічних процесах в клітинах організмів.

Національний університет водного господарства та природокористування

великому виробничому комплексі відгодівлі свиней відповідає *БПК*$_5$ 22 ЕЖ, умовного птаха птахофабрики – 28 ЕЖ тощо. Різниця є і в кількості стічних вод. Так, кількість побутово-господарських стоків в 4 рази є більшою від кількості стоків від великої рогатої худоби і свиней (у перерахунку на ЕЖ і УОХ).

Таблиця 11.18

Добова кількість забруднень в гноївці з ферм перерахунку на умовну одиницю худоби (УОХ) і еквівалентного жителя (ЕЖ) [11]

Показник	Одиниця	Худоба	Свині	Птиця	Еквівалентний житель
Об'єм стоків	дм^3/доб	38	33	20 – 25	120 – 180
Суха маса	кг	3,8	4,3	6,5 – 7,5	0,180
БПК$_5$	кг	0,9	1,3	1,5 – 2	0,06
Загальний азот	г	190	265	250 – 400	13
Фосфор	г	34	85	125 – 150	4.9
Поташ	г	200	100	125 – 150	5,0

11.13.2. Утилізація гноївки в ґрунті

Гноївка розглядається насамперед як природне добриво, звідси випливає доцільність її використання в землеробстві (табл..11.19) [8]. В ґрунтах відбувається ефективне зниження в гноївці вмісту патогенних мікроорганізмів. У разі використання гною для добрива під постійні пасовища з огляду на зоогігієнічні вимоги, найкраще застосовувати його у збродженому вигляді.

Дози гною, які можна використовувати на полях, не викликаючи забруднення ґрунту та ґрунтових вод, багато в чому залежить від типу ґрунту. Для легких ґрунтів максимальна річна доза гною не повинна перевищувати 200 м^3/га, для ґрунтів середньо зв'язаних 100 м^3/га. Разові дози гною не повинні перевищувати 5 мм (50 м^3/га), що сприяє протіканню аеробних процесів.

Незалежно від дози гноївки найкраще засвоюються рослинами фосфати і *БПК*$_5$.

Найдешевший спосіб ліквідації певних форм паразитів, що містяться в гноївці є термічна її обробка, яка досягається завдяки тривалому її зберіганню в закритих ємностях. В цих умовах спостерігається відмирання найпростіших, ембріонів черв'яків і личинок різних паразитів. Крім того, ефективною є термофільна стабілізація гноївки за підвищених тисків.

Основний показник ефективності очищення гноївки є азот, що міститься в ній в вигляді органічної речовини і амонію. Органічний азот в аеробних умовах перетворюється в амонійну форму яка добре засвоюється в ґрунті. Надлишок азоту амонійного переходить в форму нітриту, а потім – нітратів. Нітрати погано сорбуються в ґрунті, проте добре розчиняються і споживаються рослинами. Вони глибоко проникають в ґрунт, потрапляють в

Національний університет водного господарства та природокористування

ґрунтові води. Нітратний азот зумовлює зростання загрози для ґрунтових і поверхневих вод. Виходячи з умов захисту довкілля за умов використання біологічно очищеної гноївки в рільництві, річна її доза (з розрахунку споживання рослинами азоту) повинна бути 50-75 м^3/га.

Таблиця 11.19

Показники очищення гноївки свиноферм в піщаному ґрунті на луках [11]

Дози гноївки	Показники	Вміст кг/(га×рік)		
		БПК$_5$	*N$_{заг}$*	*P$_2$O$_5$*
NPK + чиста вода	На вході	**6**	330	103
	В воді, що витікає з ґрунту	2	27	1
	Затримано, %	66,6	91,8	99,0
Гноївка 50 м^3/га +вода чиста	На вході	1170	260	122
	В воді, що витікає з ґрунту	6	50	0,7
	Затримано, %	99,5	80,8	99,4
Гноївка 100 м^3/га +вода чиста	На вході	2572	477	182
	В воді, що витікає з ґрунту	10	149	1
	Затримано, %	99,6	68,8	99,5
Гноївка 150 м^3/га +вода чиста	На вході	4264	714	285
	В воді, що витікає з ґрунту	13	245	1
	Затримано, %	99,7	65,7	99,6
200 м^3/га +вода чиста	На вході	5550	942	430
	В воді, що витікає з ґрунту	21	374	2
	Затримано, %	99,6	60,3	99,5

Контрольні питання

1. Класифікація осадів за способом їх обробки.
2. Хімічний і гранулометричний склад осадів.
3. Питомі опори осадів і їх значення.
4. Суть процесу і технічні рішення ущільнення осадів.
5. Зброджування осадів.
6. Суть процесу аеробної стабілізації осадів і його характеристика.
7. Флотаційні ущільнювачі мулу.
8. Установки для згущення осадів у сепараторах.
9. Метантенки.
10. Газгольдери.
11. Аеробні стабілізатори осадів.
12. Способи і технології утилізації осадів.
13. Підготовка осадів перед їх зневодненням.
14. Технічні рішення для зневоднення осадів.
15. Типова схема установки барабанного вакуум-фільтра і принцип її роботи.
16. Зневоднення осадів на фільтрпресах.
17. Схема установки фільтрпреса і принцип її роботи.
18. Установка зневоднення осадів з листовими фільтрами.
19. Зневоднення осадів в центрифугах.
20. Схема технологічного процесу центрифугування осадів і значення його параметрів.
21. Зневоднення осадів в установках вібраційної дії.
22. Установки теплової обробки осадів під тиском.

23. Суть технологічної схеми теплової обробки з підігрівом осаду гострим паром.
24. Суть процесу зневоднення осадів за низьких температур.
25. Суть процесу висушування осадів в псевдозрідженому шарі.
26. Зневоднення осадів в барабанній сушарці.
27. Суть термічного сушіння механічно зневоднених осадів у сушарці із зустрічними струменями.
28. Процес сушіння осадів під вакуумом та технологічна схема його реалізації.
29. Процес дегельмінтизації осадів та технічні рішення для його реалізації.
30. Суть процесу спалювання осадів.
31. Установки з печами киплячого шару для спалювання осадів.
32. Установки із багатоподовими печами для спалювання осадів.
33. Установки з барабанними обертовими і циклонними печами для спалювання осадів.
34. Мулові майданчики для природного зневоднювання осадів.
35. Земляні ємності для накопичення стічних вод, складування осадів і твердих відходів виробництва.
36. Характеристика гноївки ферм.
37. Утилізація гноївки в ґрунті.

Література

1. Водний кодекс України від 06.06.1995 № 213/95-ВР // Відомості Верховної Ради України. – 1995. – № 24. – с. 189.
2. Дрозд Г. Я., Зотов Н. И., Маслак В. Н. Технико-экономические записки по проблеме утилизации осадков городских и промышленных сточных вод. – Донецк : ИЭП НАН Украины, 2001. – 340 с.
3. Евилевич А. З., Евилевич М. А. Утилизация осадков сточных вод. – Л. : Стройиздат, Ленингр. отделение, 1988. –248 с
4. Жужиков В. А. Фильтрование: Теория и практика разделения суспензий. 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Химия, 1980. – 400 с.
5. Интенсификация действующих сооружений систем отведения, очистки сточных вод и переработки осадков. /ДДНТП им. Ф.Э.Дзержинского. – М. : 1986. – 161 с.
6. Канализация населенных мест и промышленных предприятий. Справочник проектировщика./Н. И. Лихачев, И. И. Ларин, С. А. Хаскин и др.; Под ред. В. Н. Самохина. 2-е изд., перераб. И доп. – М. : Стройиздат, 1981. – 638 с.
7. Ковальчук В. А. Очистка стічних вод. – Рівне : ВАТ «Рівненська друкарня», - 2002. – 622 с.
8. Сельскохозяйственное использование сточных вод: Справочник / Л. П. Овцов, В. В. Игнатова, Э. Е. Элик и др.; Сост. Э. Е. Элик. – М. : Росагропромиздат, 1989. – 223 с.
9. Водоотводящие системы промышленных предприятий/ С. В. Яковлев, Я. А. Карелин, Ю. М. Ласков, Ю. В. Воронов. – М. : Стройиздат, 1990. – с. 511
10. The European environment. State and Outlook 2010. Synthesis. European Environment Agency, Copenhagen. 2010. – 222 p.
11. Wastewater Engineering. Treatment and Reuse./Inc Metcalf & Eddy; George Tchobanoglous; Franklin L. Burton; Franklin Burton; H. David Stensel. McGraw-Hill Science Engineering, 2002. – 1820 p.
12. Szpindor Adam Zaopatrzenie w wodę i kanalizacja wsi Adam Szpindor. – [Wyd. 2 popr.]. – Warszawa: Arkady, 1998. – 474 s
13. http://russiantechnology.ru/index.php?module=pages&id=87

12. ПРОЕКТУВАННЯ, БУДІВНИЦТВО І ЕКСПЛУАТАЦІЯ ОБ'ЄКТІВ ВОДОВІДВЕДЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

12.1. Проектування об'єктів промислового водовідведення

12.1.1. Порядок розроблення проектної документації

Проектні та вишукувальні роботи виконуються на підставі договорів (контрактів), укладених між замовниками і проектувальниками. Договір можна укладати на виконання передпроектних робіт, комплексу проектних робіт, вишукувальних робіт, окремих стадій та розділів проекту.

Не допускається розроблення проектної документації без інженерних вишукувань на нових земельних ділянках, а при реконструкції об'єктів - без уточнення раніше виконаних інженерних вишукувань.

Вихідні дані для виконання проектних робіт на відповідній стадії замовник зобов'язаний надати до початку виконання проектно-вишукувальних робіт.

До складу вихідних даних належать [5]:

- архітектурно-планувальне завдання (АПЗ);
- технічні умови щодо інженерного забезпечення об'єкта (ТУ);

Замовлення на проектування об'єкта проектувальник одержує через замовника або за підсумками архітектурного конкурсу чи торгів (тендерів), порядок проведення яких встановлений законодавством.

Кількість стадій проектування визначають замовник та проектувальник виходячи з категорій складності проекту. Для технічно нескладних об'єктів, а також об'єктів з використанням проектів масового та повторного застосування I та II категорій складності проектування здійснюється:

- в одну стадію - робочий проект (РП);
- у дві стадії - техніко-економічний розрахунок (ТЕР), робоча документація (Р).

Замовник може доручити проектувальникам виконати будь-які передпроектні роботи щодо розміщення об'єкта на будь-якій території без спеціальних дозволів і погоджень (за винятком зон з особливим охоронним режимом). Такі передпроектні роботи не можуть бути стадією проектування і підлягають тільки розгляду та схваленню замовником і органами містобудування та архітектури.

Керівники юридичних осіб-проектувальників повинні призначати відповідними наказами (чи угодами авторів) головних інженерів проектів (ГІП) для об'єктів виробничого призначення. ГІП забезпечує підготовку договорів, координує дії виконавців, веде переговори з замовниками, субпідрядниками-проектувальниками і підрядниками, контролює склад проектної документації.

За якість окремого розділу проекту відповідальною особою є керівник та головний спеціаліст відповідного проектного підрозділу.

Авторське право на проектну документацію охороняється згідно з Законом України "Про авторське право і суміжні права". У разі використання в проектних рішеннях винаходів і патентів у відповідних розділах проектів необхідно на них посилатись.

При розробці проектної документації за дорученням замовника, за необхідності, можуть виконуватися за окрему оплату науково-дослідні роботи, у тому числі історичні та археологічні дослідження.

Будівництво розпочинається після затвердження проектної документації.

12.1.2. Проект

Проект розробляється для визначення містобудівних, архітектурних, художніх, екологічних, технічних, технологічних, інженерних рішень об'єкта, кошторисної вартості будівництва і техніко-економічних показників. Розділи проекту необхідно подавати у чіткій і лаконічній формі без надмірної деталізації у складі та обсязі, достатньому для обґрунтування проектних рішень, визначення обсягів основних будівельно-монтажних робіт, потреб в обладнанні, будівельних конструкціях, матеріальних, паливно-енергетичних, трудових та інших ресурсах, положень з організації будівництва, а також визначення кошторисної вартості будівництва.

Матеріали проекту після погодження та затвердження є підставою для розробки наступної стадії проектування.

Робочий проект розробляється для визначення конкретних містобудівних, архітектурних, художніх, екологічних, технічних, технологічних, інженерних рішень об'єкта, кошторисної вартості будівництва, техніко-економічних показників і виконання будівельно-монтажних робіт (робочі креслення).

Робочий проект застосовується для технічно нескладних об'єктів, а також об'єктів з використанням проектів масового застосування. Робочий проект є інтегруючою стадією проектування і складається з двох частин - затверджуваної та робочих креслень. Затверджувана частина підлягає погодженню, експертизі та затвердженню, а робочі креслення розробляються для будівництва об'єкта. Затверджувана частина складається з пояснювальної записки, виконаної у скороченому відносно проекту обсязі, визначеному залежно від виду будівництва і функціонального призначення об'єкта, кошторисної документації, розділу організації будівництва та креслень.

Склад проекту на будівництво об'єктів виробничого призначення передбачає наявність:

- загальні матеріали[1];
- генеральний план і транспорт;
- основні креслення, технологічна частина;
- архітектурно-будівельні рішення;
- організація будівництва;
- кошторисна документація.

Для об'єктів виробничого призначення, які потребують детального обґрунтування відповідних рішень та визначення варіантів і доцільності будівництва об'єкта, розробляється техніко-економічне обґрунтування (ТЕО) [5]. Для технічно нескладних об'єктів виробничого призначення

[1] Затвердження проектної документації інвестором (замовником) є фактом прийняття під його повну відповідальність рішень, передбачених у документації.

застосовується ТЕР.

При підготовці ТЕО (ТЕР) повинна здійснюватись всебічна оцінка впливів планованої діяльності на стан навколишнього середовища (ОВНС); рекомендовані рішення ТЕО (ТЕР) мають обґрунтовуватися результатами ОВНС; матеріали ОВНС, оформлені у вигляді спеціальної частини (розділу) документації, є обов'язковою частиною ТЕО (ТЕР).

В ТЕО (ТЕР) повинна розглядатись відповідність його рішень архітектурним, енергозберігаючим та іншим вимогам згідно із завданням на проектування. ТЕР виконується у скороченому обсязі в порівнянні з ТЕО відповідно до характеру об'єкта та вимог завдання.

12.1.3. Робоча документація

До складу робочої документації для будівництва повинні входити робочі креслення, які розробляються згідно з вимогами нормативних документів. Загальні дані з робочих креслень складаються з переліку видів робіт, для яких необхідне складання актів на приховані роботи та актів проміжного прийняття конструкцій:

- паспорт опоряджувальних робіт;
- кошторисна документація;
- специфікації обладнання, виробів і матеріалів;
- габаритні креслення на відповідні види обладнання та виробів;
- вихідні вимоги щодо розроблення конструкторської документації на обладнання індивідуального виготовлення (включаючи нетипове та нестандартизоване обладнання), по якому вихідні вимоги на попередніх стадіях не розроблялися.

Обсяг та деталізація робочих креслень мають бути доведені до мінімально необхідних об'ємів.

Право на розроблення проектної документації або її окремих розділів надається юридичним та фізичним особам - суб'єктам господарської діяльності незалежно від форм власності (далі - проектувальник), які мають ліцензію на цей вид діяльності згідно з законодавством.

При розробці проектної документації для будівництва враховується чинна містобудівна документація, затверджена за встановленим порядком.

Проектна документація для будівництва має відповідати положенням законодавства, регіональних та місцевих правил забудови, а також вимогам нормативів та нормативних документів.

Авторський нагляд за реалізацією проектних рішень при будівництві об'єкта здійснюється на підставі укладеного договору між замовником і генпроектувальником згідно з вимогами ДБН А.2.2-4.

12.1.4. Склад та структура матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище

При підготовці матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) розглядають впливи на повітряний басейн, водні і земельні ресурси.

До матеріалів з охорони атмосферного повітря відносяться:

- коротка характеристика фізико-географічних та кліматичних умов району будівництва, дані про існуючі фонові концентрації шкідливих речовин в атмосферному повітрі;
- перелік джерел викидів; найменування забруднюючих речовин, їх кількісна та якісна характеристики;
- характеристика можливих аварійних викидів;
- результати розрахунків приземних концентрацій;
- обґрунтування рішень із запобігання (зменшення) утворенню та виділенню забруднюючих атмосферу речовин;
- відомості про вартість об'єктів і робіт, пов'язаних із здійсненням охоронних заходів;
- обґрунтування розмірів розрахункової санітарно-захисної зони та ін.

До матеріалів з охорони водойм від забруднення стічними водами відносять:

- рішення із очищення природних вод для потреб водоспоживання;
- баланс водоспоживання та водовідведення по об'єкту в цілому і по основних виробничих процесах;
- характеристика стічних вод та обґрунтування проектних рішень з їх очищення та утилізації осадів;
- пропозиції щодо організації відведення та скиду очищених стічних вод у водойми;
- пропозиції щодо запобігання виникненню аварійних ситуацій;
- оцінка ефективності намічених заходів та проектованих споруд щодо раціонального використання та охорони вод і рибних запасів та ін.

До матеріалів щодо поводження з відходами відносяться:

- проектні дані про розрахункові очікувані об'єми усіх видів твердих відходів виробництва та побутових відходів;
- відомості про запроектовані рішення щодо зменшення об'ємів утворюваних відходів;
- відомості про передбачені заходи стосовно утилізації відходів безпосередньо на підприємстві чи в інших місцях, куди їх намічено передавати;
- дані стосовно запланованих дій щодо вивезення відходів за межі підприємства для забезпечення їх тимчасового складування чи остаточного захоронення на спеціальних полігонах;
- дані про капітальні витрати на заходи щодо поводження з відходами.

12.1.5. Основні техніко-економічних показники робочого проекту

В розпорядчий документ про затвердження робочого проекту на будівництво об'єктів виробничого призначення включають наступні показники:

1. Найменування виробництва, будинку або споруди та місце його розташування.
2. Характер будівництва (нове будівництво, реконструкція).
3. Потужність об'єкта (річний випуск основної номенклатури продукції, місткість, пропускна спроможність, обсяг послуг, які надаються та ін.):
   - у натуральних показниках (у відповідних одиницях);
   - у вартісних показниках.
4. Кількість робочих місць, у т. ч. новостворених. Загальна кількість працюючих.
5. Кошторисна вартість будівництва підприємства та інших об'єктів, у т. ч. будівельно-монтажні роботи.
6. Витрати на охорону навколишнього природного середовища, відновлювальні та компенсаційні заходи.
7. Термін окупності капітальних вкладень.
8. Вартість основних фондів підприємства. Вартість основних фондів, які вибувають у процесі будівництва.
9. Тривалість будівництва та трудомісткість будівництва (у люд./днях).
10. Річна потреба підприємства в сировині та матеріалах, енергоресурсах, воді тощо.
11. Витрати основних будівельних матеріалів (сталь, цемент, лісоматеріали за встановленими вимірами).
12. Інші показники (прибуток, рентабельність; матеріаломісткість; енергомісткість, в тому числі власних потреб; питома теплова потужність опалення та питоме річне теплоспоживання; площа території; техніко-економічні показники та якісні характеристики, одержані в проекті).
13. Резюме заяви про екологічні наслідки та ін.

12.2. Будівництво об'єктів водовідведення промислових підприємств

12.2.1. Проект організації будівництва

Вихідними матеріалами для розробки проекту організації будівництва служать: завдання на проектування, основні рішення з будівельної частини проекту, обсяги будівельно-монтажних робіт, топографічні, гідрогеологічні та гідрологічні данні, кошторисна документація, документи погодження проекту з будівельними та іншими організаціями щодо забезпечення будівництва конструкціями, напівфабрикатами, місцевими будівельними матеріалами, електроенергією, водою, робочими кадрами і житлом для них. Крім того, слід брати до уваги рекомендації діючої нормативно-правової бази галузі.

На базі отриманих вихідних даних проектна організація - генпроектувальник розробляє проект організації будівництва об'єктів водовідведення.

Пояснювальна записка (з кресленнями) включає наступні розділи.

Вступ. Наводиться перелік проектних матеріалів, розроблених сторонніми організаціями; короткий опис принципових рішень на попередніх стадіях

проектування; перелік організацій, що виконують спеціалізовані розділи проекту (водозниження, гідромеханізація тощо), а також особливі вимоги, що пред'являються до складання проекту організації будівництва.

Коротка характеристика умов здійснення будівництва. Вказується ступінь освоєння району будівництва, визначається генпідрядна будівельна організація і спеціалізовані субпідрядні будівельні організації, які беруть участь у здійсненні будівництва. До цього розділу пояснювальної записки дається креслення ситуаційного будгенплану із зазначенням запроектованих постійних і тимчасових споруд, об'єктів житлового будівництва, виробничої бази, кар'єрного господарства, автомобільних доріг, залізниць, а також існуючих будівель і споруд.

Тривалість будівництва, розподіл капітальних вкладень за роками та обсяги основних будівельно-монтажних робіт. Вказуються загальна тривалість комплексного будівництва або директивний термін його закінчення. Капітальні вкладення за роками розподіляються відповідно до прийнятих в проекті технічних рішень і з урахуванням строків виконання основних будівельно-монтажних робіт, визначаються їх обсяги. Складаються зведений календарний план будівництва в графічній формі і відомість обсягів будівельних, монтажних і спеціальних робіт.

Потреба та забезпечення будівництва матеріальними ресурсами, основними будівельними механізмами і засобами транспорту. Складаються схеми забезпечення будівництва об'єктів водовідведення конструкціями, деталями, напівфабрикатами, а також основними місцевими та привізними матеріалами; наводяться зведені графік потреби в будівельних конструкціях, деталях, напівфабрикатах і основних матеріалах, зведена відомість потреби в основних будівельних механізмах і засобах транспорту та схема перевезень вантажів на будівництво.

Потреба і способи забезпечення будівництва в енергетичних ресурсах і воді. Поряд з потребою в енергетичних ресурсах і воді визначаються також джерела їх покриття.

Виробнича база будівництва. Визначається потреба в підприємствах і спорудах виробничої бази будівництва (бетонні заводи, ремонтно-механічні, опалубні і арматурні майстерні, автотранспортні підприємства тощо), а також способи задоволення цієї потреби. Складається перелік тимчасових будівель і споруд.

Проект організації будівництва для невеликих або технічно нескладних об'єктів водовідведення, а також для окремих комплексів будівель і споруд може складатися в скороченому обсязі.

12.2.2. Організація будівництва систем водовідведення промислових об'єктів

Організація будівельного виробництва повинна забезпечувати цілеспрямованість організаційних, технічних і технологічних рішень і заходів на виконання зобов'язань по контрактах на будівництво об'єктів (введення їх в

дію з необхідною якістю і в обумовлені терміни) при дотриманні виробничо-господарських, економічних та інших інтересів учасників будівництва [6].

Виконанню робіт на об'єктах повинен передувати комплекс заходів і робіт з підготовки будівельного виробництва, що забезпечують можливість здійснення будівництва у відповідності з умовами підрядних контрактів і взаємозв'язану діяльність усіх його учасників. Підготовка будівельного виробництва включає загальну організаційно-технічну підготовку, підготовку до будівництва об'єкта, підготовку будівельної організації і підготовку будівельно-монтажних робіт.

Будівництво об'єкта повинно здійснюватися на основі попередньо розроблених рішень з організації будівництва і технології виконання робіт, які повинні бути відображені в проектно-технологічній документації (ПТД). До її складу входить проект організації будівництва (ПОБ) і проект виконання робіт (ПВР).

Будівельне виробництво слід організовувати виходячи з умов раціонального використання технологічної спеціалізації організацій і підрозділів які можуть бути задіяними в технологічному процесі будівельного виробництва.

До початку виконання будівельно-монтажних (в тому числі підготовчих) робіт на об'єкті замовник повинен одержати дозвіл на виконання будівельно-монтажних робіт в органах державного архітектурно-будівельного контролю ДАБК), передати підрядній організації будівельний майданчик і оформлені у встановленому порядку документи, необхідні для його повноцінного використання (якщо контрактом не передбачене інше).

До основних робіт будівництва об'єкта або його частини дозволяється приступати лише після відведення на місцевості майданчика (траси), влаштування необхідних огороджень будівельного майданчика (охоронних, захисних або сигнальних) і створення розбивочної геодезичної основи. До початку зведення будівель та споруд необхідно виконати зняття родючого шару ґрунту, складування його в спеціально відведених місцях для подальшого використання для рекультивації земель, вертикальне планування будівельного майданчика, роботу по водовідведенню, влаштування постійних та тимчасових майданчикових доріг, під'їздів та інженерних мереж (каналізації, водо-, тепло-, енергопостачання тощо), необхідних на період будівництва та передбачених проектом організації будівництва і проектами виконання робіт, забезпечення будови протипожежним водопостачанням, зв'язком та засобами пожежогасіння.

Завершення зовнішніх і внутрішніх майданчикових підготовчих робіт в обсязі, що забезпечує будівництво об'єкта або його черги, повинно бути підтверджене актом, складеним замовником і генпідрядником за участю субпідрядних організацій, що виконували роботи підготовчого періоду.

При будівництві крупних об'єктів будівельні і монтажні роботи по їх спорудженню рекомендується здійснювати по пускових комплексах або чергах будівництва, склад і черговість яких встановлюється контрактом.

Будівництво об'єктів повинно вестись з дотриманням будівельних норм, правил і стандартів, а складних і унікальних об'єктів - з дотриманням, крім того, особливих вказівок та технічних умов проекту. Застосування міжнародних стандартів повинно обумовлюватись контрактом.

При організації будівельного виробництва слід передбачити випереджаюче будівництво під'їзних шляхів; об'єктів складського господарства, соціально-побутового призначення, розвиток виробничої бази та комунального господарства. При цьому слід враховувати можливість тимчасового використання з цією метою (за згодою замовника) запроектованих постійних будівель та споруд.

Закінчені об'єкти здаються замовнику в експлуатацію. Здача-прийняття об'єкта проводиться в установленому порядку і оформляється актом, підписання якого визначає момент передачі об'єкта у власність замовника [7].

Висвітлення технології зведення будівель і споруд, яка є надто залежною від призначення та розмірів споруд, матеріалів з яких ці споруди зводяться, кліматичних умов зведення тощо, віднайшли своє відображення в спеціальній літературі [8,9].

12.3. Загальні питання організації експлуатації

12.3.1. Функції управління системою водовідведення на промислових підприємствах

Зміст управління можна визначити шляхом перерахування його основних функцій, до яких відносяться: мета, аналіз, прогнозування, планування, організація, координація, мотивація, навчання, облік і контроль, комунікація, прийняття рішень. Всі функції тісно пов'язані один з одним і взаємно доповнюють один одного. У діяльності будь-якої організації присутні всі без винятку функції управління [29].

Низька ефективність організації, що виявляється в досягненні недостатнього рівня надання послуг, сигналізує про необхідність внести зміни в практику і стратегію управління.

При проектуванні структури служби управління персоналом слід враховувати стиль і методи керівництва адміністрації підлеглими; чисельність персоналу; об'єм управлінських робіт даного виду [19].

Складність управління зростає в геометричній прогресії із зростанням числа підлеглих. За кількості посадових зв'язків, що перевищує 1000, колектив стає некерованим. Тому кількість підлеглих у одного начальника не повинна перевищувати 7 [4].

Обмеженість числа підлеглих, якими можна безпосередньо керувати, зумовлює необхідність структурного поділу організації. Згрупування видів діяльності й працівників у структурні підрозділи дає можливість необмеженого розширення організації. Структурні підрозділи розрізняються залежно від використовуваних для угруповання видів діяльності базових схем, основні з котрих наведено нижче.

Організаційна структура завжди формальна і закріплена правовими

нормами. В них відображаються всі її основні характеристики й елементи, а саме:

- поділ (спеціалізація) праці за посадами (директор, начальник цеху, майстер);
- групування посад за підрозділами (відділ, бюро); склад посад і підрозділів (інженер-конструктор, економіст);
- компетенція та ієрархія посад (директор, головний інженер, головний конструктор, конструктор та ін.);
- порядок зв'язків між посадами, підрозділами.

Створюється організаційна структура, виходячи з цілей і функцій системи, умов діяльності виробництва (рис.12.1). Вона використовується як засіб приведення системи у відповідність з цілями й умовами діяльності.

Організаційна структура управління по суті є одним з елементів механізму господарювання; вона відображає насамперед процеси виробничо-економічного характеру і повинна відповідати інтересам розвитку виробництва. Загальна структура управління підприємством (об'єднанням) має декілька рівнів управління, які відображають ієрархію суб'єкта управління.

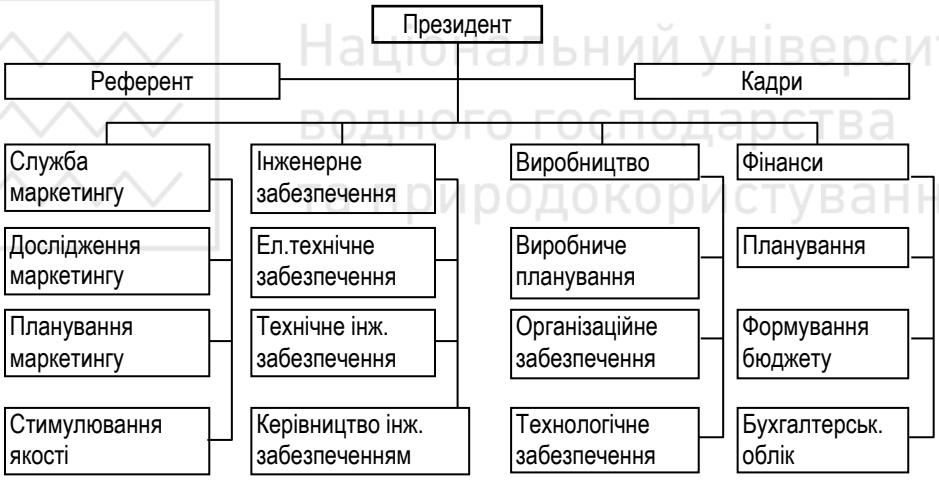


Рис. 12.1. Типове функціональне групування видів діяльності [4]

Основні вимоги до формування організаційної структури управління

Ефективність організаційної структури управління, яка в кінцевому підсумку виявляється в успішному (рентабельному) функціонуванні підприємства, може бути досягнута за умови, що при її формуванні дотримуються таких вимог [13]:

1) чітко формулюється мета підприємства;

2) досягається максимальна простота структури;

3) забезпечується чітка передача інформації і відповідний зворотний зв'язок;

4) встановлюється єдина підлеглість;

5) обмежується кількість підлеглих;

6) обмежується кількість ланок управління;

7) чітко розрізняються і координуються функції лінійного керівництва і функціональних служб;

8) вищим керівництвом координується відповідальність служб.

У процесі вдосконалення організаційної структури управління важливого значення набуває своєчасне реагування на якісні зміни процесу виробництва. Це потребує проведення систематичного аналізу і прийняття на основі його результатів відповідних рішень. Всі організаційні рішення призначені забезпечити гнучкість форм управління і, природно, виробництва. Стратегія розвитку народного господарства вимагає реалізації структурних перетворень у повній залежності від форм власності на всіх рівнях управління.

12.3.2. Організація експлуатації системи водовідведення промислового підприємства

Міське каналізаційне господарство виступає в ролі організації, що приймає на себе відповідальність за відведення, очищення стічних вод підприємств і скидання очищеної води у водойми [18].

Прийом промислових стічних вод у міську каналізацію здійснюється з дозволу Управління водопровідно-каналізаційного господарства, яке на підставі ГДК речовин, що скидаються у міську каналізаційну мережу, призначає локальне очищення цих стічних вод на території підприємства.

Підприємства зобов'язані здійснювати контроль за кількістю та якістю стічних вод, які вони скидають до системи міської каналізації. Перелік забруднень, на наявність яких проводиться аналіз, та періодичність контролю встановлюються водоканалом.

За наявності локальних очисних споруд підприємства повинні здійснювати кількісний та якісний контроль стічних і очищених вод та враховувати об'єми видалених із стічних вод осадів. На вивіз та утилізацію осадів повинні бути оформлені відповідні документи (акти, накладні, рахунки), які зберігаються на підприємстві не менше трьох років.

При виявленні перевищення допустимих концентрацій (ДК) забруднень, установлених договором, водоканал направляє підприємству претензію, до якої додаються: копія акта про відбір проби, копія результатів аналізу стічних вод, розрахунок величини додаткової плати за скид стічних вод (передаються лише ті документи, що відсутні на підприємстві).

Використання очищених міських стічних вод для постачання промислових підприємств технічною водою визначається проектною організацією при узгодженні якості стічних вод промисловим підприємством і місцевими санітарними службами.

Основні будівлі і споруди водопровідно-каналізаційного господарства (насосні станції, очисні споруди, підземні резервуари, камери, водонапірні башти і ін) впродовж першого року експлуатації повинні знаходиться під

постійним спостереженням. Необхідно щомісячно здійснювати контроль за їх осадкою шляхом установки постійних і тимчасових реперів.

На підприємстві для кожної будівлі та споруди ведеться паспорт, куди заносять всі зауваження при їх обстеженні, а також дату проведення ППО, ППР, поточного та капітального ремонту з описом виконаних робіт.

Основними завданнями ефективного обслуговування водопровідно-каналізаційного господарства є:

- забезпечення надійної і безперебійної роботи споруд з заданим технологічним режимом їх роботи;
- усунення в найкоротші терміни аварій і пошкоджень і вивчення причин їх появи з метою попередження у майбутньому;
- своєчасне і доброякісне проведення поточного і капітального ремонтів в порядку і у встановлені терміни;
- забезпечення рентабельної роботи та зниження собівартості продукції та послуг, поліпшення їх якості і т. д.

12.3.3. Умови роботи очисних споруд міської і промислової каналізації

Ефективність очищення стічних вод міської системи водовідведення визначається умовами спуску забруднених вод у водойми.

При повній роздільній системі каналізування поверхневий стік з території промислових майданчиків не допускається скидати у міські мережі. Цей потік повинен відводитися у водойму самостійною мережею і очищатися до встановлених нормативів.

Допустимий скид забруднень від підприємства визначають як добуток середньогодинної витрати q на концентрацію C, г/год:

$$G_{доп} = qC\,. \tag{12.1}$$

У межах $G_{доп}$ можливо змінювати q і C при введенні оборотного водопостачання на підприємстві або вдосконаленні технологічного процесу.

Загальні вимоги до складу суміші стічних вод, що надходить на очищення, випливають з умов скидання виробничих стоків, кількість яких може максимально досягати 50...60% від загальної витрати. У цьому випадку температура суміші не повинна перевищувати в літній час 30°С (допускається для виробничих вод температура 40°С), $pH \leq$ 6,5...8,5, *ХПК*/*БПК*$\leq$ 1,4 (для промстоків *ХПК*/ *БПК*$\leq$1,5). Для нормальної експлуатації споруд біологічного очищення є співвідношення *БПК*: азот: фосфор як 100: 5: 1, причому *БПК* обчислюється в проясненій пробі[28].

За співвідношенням біогенних елементів побутових стоків розбавлення їх в 2 рази виробничими водами, навіть позбавленими азоту і фосфору, дозволяє успішно вести процес біологічного їх очищення.

Забезпечення нормальних умов експлуатації очисних станцій в першу чергу залежить від дотримання технологічного режиму на промислових підприємствах. У зв'язку з цим відіграє суттєву роль наявність чіткого обліку

витрачання, скидання, утилізації та ліквідації матеріалів і реагентів основного виробництва. Такі відомості повинні бути відображеними у паспорті водного господарства підприємства.

12.3.4. Організація контролю за роботою очисної станції

До складу основних показників санітарно-хімічної оцінки стічних вод відносяться: *pH* води; загальний вміст домішок, у тому числі мінеральних; концентрація завислих речовин, у тому числі мінеральних; сухий залишок (вміст домішок в фільтрованій пробі), у тому числі мінерального характеру; *ХПК*, $БПК_{повне}$; сполуки азоту (загального, амонійного, азоту нітритів і нітратів); сполуки фосфору (загального, мінерального). Показниками бактеріологічного забруднення стічних вод є: загальний вміст сапрофітних бактерій колі-титр. Окрім того, виробничі стоки можуть характеризуватися специфічними показниками забруднень: жири, нафтопродукти, солі важких металів та ін.. Мінімально необхідний рівень контролю окреслено затвердженими методиками та інструкціями.

Згущені осади характеризуються вологістю та зольністю суспензії, специфічними показниками складу, оціночними властивостями технологічного характеру (ζ-потенціал дисперсної системи, форми зв'язку води тощо).

Точна оцінка кількості забруднень дозволяє скласти водно-масовий баланс очисної станції і аргументовано маневрувати виробничими потужностями. Баланс забруднень може бути складений за умови вираження концентрації забруднень через *ХПК* збовтаних, відстояних і профільтрованих проб. Доцільно вести оперативний контроль за *ХПК*, визначаючи *БПК* за співвідношенням цих величин у стічних водах.

Опис досліджуваних процесів очищення стоків зазвичай підпорядковується експоненціальному розподілу:

$$\frac{L_t}{X_t} = \frac{L_o}{X_o}\left(\frac{X_t}{X_o}\right)^n = \frac{L_o}{X_o}(1 - E_{ХПК})^n, \qquad (12.2)$$

де L, і L_o - БПК очищеної води та вихідних (прояснених) стоків, мг/л; X_t і X_o - ХПК тих же стічних вод, мг/л; $E_{ХПК}$ - ефект зниження ХПК в частках одиниці; n - емпіричний показник ступеня, що символізує співвідношення констант швидкості біологічного очищення.

Побудувавши криву кореляції *БПК* і *ХПК* (в умовах відсутності підвищеного виносу завислих речовин), відносно легко вести оперативний контроль за *ХПК*, що гарантує отримання результатів аналізів у день вимірювання. В умовах виносу завислих речовин ведуть визначення *ХПК* у збовтаних і прояснених (або профільтрованих) пробах, оцінюючи якість очищення за залишковою розчиненою частиною забруднень.

Для кількох очисних станцій очищення міських стоків співвідношення L_o/X_o

може наближатися до 0,70, а величина $n \to 0{,}8$. У цьому випадку співвідношення між *БПК* і *ХПК* біологічно очищеної води може мати наступний вигляд:

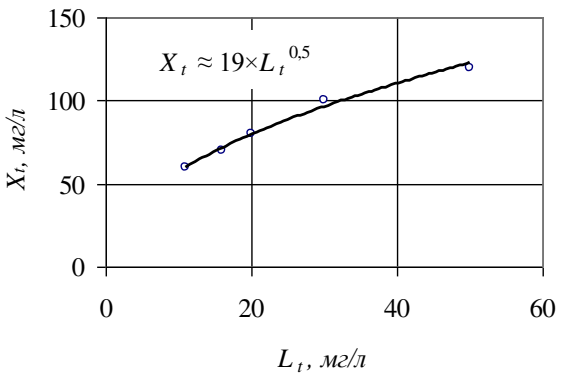


Рис. 12.2. Взаємозв'язок між L_t/X_t, визначений для ряду станцій очищення міських стічних вод [1]

Визначення *ХПК* зворотних потоків (фільтратів, фугатів, мулової води) дає можливість оперативно оцінювати якість зневоднення осаду і додаткові навантаження на очисну станцію.

При ручному відборі проб слід враховувати такі моменти: об'єм разових проб повинен бути пропорційний витраті стічних вод, а частота відбору повинна відповідати характеру змін притоку води на очисну станцію. Окремі залпові надходження забруднень не повинні «проскакувати» між двома пробовідборами.

12.4. Експлуатація споруд механічного очищення стічних вод

12.4.1. Грати

Ефективність роботи ґрат оцінюється за частотою відмов, що відбуваються внаслідок закупорювання робочих зазорів і трубопроводів крупними домішками різної природи [1].

Основний робочий параметр – швидкість руху води в прозорах решітки, яка коливається в межах 0,8…1,0 м/с. Верхня межа зумовлена необхідністю створення умов ефективного проходження різноманітних включень через грати і носить технологічний характер. Нижня межа швидкості пов'язана з унеможливленням відкладень піску і важких мінеральних домішок в каналі перед ґратами. З технологічної точки зору невеликі швидкості підводу до ґрат домішок великих розмірів сприяють їх затриманню. Проскакування домішок великих розмірів знижується при підводі стічних вод під кутом до ґрат.

Аналіз складу затриманих домішок великих розмірів розкриває очевидну тенденцію збільшення частки в них полімерних плівок, поліетилену, легких пластмас, які не зброджуються.

В обов'язки експлуатаційного персоналу входить спостереження за роботою механізмів ґрат, перевірка цілісності робочих їх органів, своєчасне включення і виключення робочих і резервних агрегатів.

Грати-дробарки перевіряються і оглядаються в години мінімального притоку води при вимкненому приводі. Усі види профілактичних робіт на гратах-дробарках проводять при дотриманні вимог техніки безпеки.

12.4.2. Піскоуловлювачі

Пісок у стічних водах може знаходитися у вільному стані і в механічно зв'язаному вигляді. Агрегатно не пов'язаний пісок затримується в пісколоулювачах, розрахованих на осадження чистого піску під дією сил гравітації. Для виділення піску, що перебуває в механічно зв'язаному вигляді, необхідно провести руйнування агрегату. Співвідношення між масою вільного та зв'язаного піску може бути визначено шляхом відстоювання непроясненої проби стічних вод у спокої: вільний пісок осідає відносно швидко ($t=h/u_o$), у той час як зв'язаний пісок випаде в осад за відносно більший проміжок часу (рис. 12.3). Відмивання чистою водою проб осаду, відібраного з циліндра (ємності) через 30 с і через 5, 10, 15, 30 хв., може дозволити визначити кількість піску, що перебуває в механічно зв'язаному вигляді.

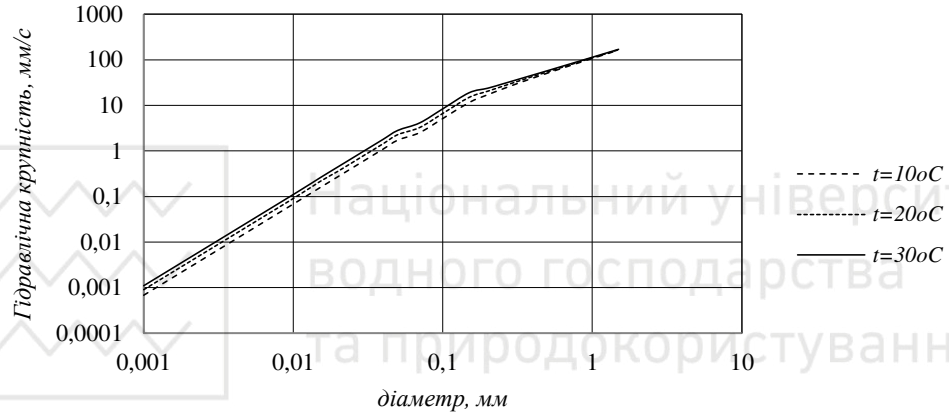


Рис.12.3. Залежність $\omega = f(d, t)$ [23]

Гідравлічною крупністю в цьому випадку вважається швидкість рівномірного падіння центру ваги «хмари»[2], яка завжди менше швидкості вільного падіння[3] частинки. Для наносів з незв'язних ґрунтів з питомою вагою 2,65 г/см^3 за умови, що об'ємна концентрація[4] Θ не перевершує 0,3, гідравлічна крупність обмеженого падіння $\omega_{об}$ може бути визначена за виразами (12.3, 12.4) [23].

а) для турбулентного обтікання

$$\frac{\omega_{\text{об}}}{\omega} = 1 - 1{,}42 \times \theta. \qquad (12.3)$$

б) Для ламінарного обтікання

[2]Обмеженим падінням називається одночасне падіння «хмари» частинок.
[3]Падіння однієї твердої частки у великому обсязі води називається вільним.
[4]Об'ємна концентрація — відношення об'єму наносів, які містяться в одиниці секундного об'єму потоку, до витрат потоку.

$$\frac{\omega_{об}}{\omega} = 1 - 2{,}47 \times \theta, \qquad (12.4)$$

де ω - гідравлічна крупність вільного падіння. Збільшення концентрації при d>1,5 мм зменшує гідравлічну крупність

Піскоуловлювачі, розраховані на затримання піску, що перебуває в механічно зв'язаному вигляді, мають велику довжину або включають вузол відмивання піску. Руйнування агрегатів зазвичай проводиться шляхом аерації або іншими способами збурення потоку рідини.

Гідромеханічне видалення піску з горизонтальних піскоуловлювачів вимагає перевірки рівномірності виходу рідини з отворів розподільчої системи і достатньої для розширення шару піску швидкості висхідного потоку води (0,0065 м/с). Можливість виносу піску при гідромеханічному видаленні перевіряють безперервним відбором проб на виході з піскоуловлювача. Слід звернути увагу персоналу на те, що більш доцільно видаляти пісок при низьких швидкостях руху води і малому наповненні лотків.

Аерований піскоуловлювач. У аерованих піскоуловлювачах має бути визначений гідравлічний режим роботи, за якого спостерігатиметься відповідність часу відмивання піщинок і часу їх осідання. Час відмивання встановлюють в циліндрах, в яких при зміні інтенсивності та тривалості аерації визначають оптимальне значення числа Кемпа[5].

За критерієм Кемпа перевіряють відповідність проектних і фактичних значень технологічних параметрів. Гідравлічний режим перевіряють за швидкістю руху води на низхідній ділянці піскового приямку похилого днища. Швидкість руху води біля дна поблизу приямка не повинна перевищувати 0,2 м/с; епюра розподілу швидкості по висоті в цьому створі повинна наближатися до трикутної, без різких відхилень і збурень.

Винос піску може бути зумовлений нерівномірністю аерації по довжині піскоуловлювача і посиленням поздовжнього турбулентного переносу мас води.

Завдяки відмиванню піску зольність його в таких піскоуловлювачах вище, ніж в звичайних (90 проти 60%). Крім того, в аерованих піскоуловлювачах можливе затримання піску крупністю 0,15 мм (гідравлічна крупність 13,2 мм/с). Природно, що видалення піску даної фракції вимагає дотримання оптимальних умов відмивання і осадження найдрібніших частинок.

---

[5] Значення критерію Кемпа, рівне $K_e = Gt$,

t - тривалість перемішування, визначаються дослідним шляхом, с; G - інтенсивність перемішування оцінюється градієнтом швидкості перемішування, $с^{-1}$, $G=(N_n/\mu)^{0,5}$; N_n - питомий потік енергії, тобто потужність, віднесена до одиниці об'єму перемішуваної води за одиницю часу; μ-динамічний коефіцієнт в'язкості.

При коагуляції води поверхневих джерел зазвичай приймають, що G = 60…150 $с^{-1}$, t = 100…200 с. Перемішування мулової суміші у вторинних відстійниках після аеротенків при G = 10…20 $с^{-1}$ помітно посилюється процес флокуляції та збільшується вміст в пластівцях сухої речовини на 20... 30% в порівнянні з умовами, коли перемішування не проводиться

Тангенціальні піскоуловлювачі. Їхня робота цілком залежить від досконалості гідравлічного режиму. Різкі коливання витрати стічних вод шкідливо впливають на швидкість обертального руху води і тривалість відстоювання рідини. При поступленні стічних вод повинні бути виключені різкі збурення потоку. Доцільно на вході в піскоуловлювач установлювати поворотну перегородку, що зберігає сталість швидкості входу рідини. Необхідно забезпечити рівномірний збір рідини по всьому периметру вихрової воронки.

12.4.3. Первинні відстійники

Відповідність параметрів прояснення стічних вод у первинних відстійниках проектному технологічному режиму залежить від властивостей завислих речовин, структури потоків рідини в відстійних спорудах, режиму вивантаження осаду і ряду інших, менш значущих причин.

Властивості завислих речовин встановлюються шляхом визначення кінетики їх осадження у спокої в циліндрах (посудинах) діаметром не менше 120 мм і висотою стовпа рідини не менше 500 мм. Здатність завислих речовин до агломерації визначається співвідношенням часу відстоювання для досягнення однакового ефекту прояснення в пробах, відібраних через пробовідбірники, встановлені на різних глибинах (h). Залежно від характеру стічних вод величина h коливається для міських стоків від 0,1 до 0,4 [1].

При неможливості усунення відхилень фактичних значень технологічних параметрів їх проектним відповідникам проводиться корегування технологічного регламенту експлуатації.

Горизонтальні відстійники. Ефективність роботи відстійників значною мірою залежить від рівномірності надходження стічних вод на споруду. Оцінку вертикального розподілу потоку проводять трасуванням розчином кухонної солі та одночасним вимірюванням електропровідності води в декількох створах системою датчиків. За результатами замірів рекомендують зміну занурення дошки при надмірному відхиленні потоку від центру проточної частини. Зниження гідравлічного навантаження, у тому числі і на збірних лотках, позитивно впливає на структуру потоків води у відстійниках.

Спосіб і режим вивантаження осаду може вплинути на ефективність прояснення. Надмірно тривале зберігання осаду призводить до його загнивання, насичення газами і спливання на поверхню води. Характерною ознакою бродіння є інтенсивне спливання бульбашок газу; точніші показники визначають вимірюванням pH осаду, дзета-потенціалу, кількості жирних кислот.

У разі інтенсивного бродіння, особливо в літній час, переходять на більш частий випуск осаду. Вологість відведеного осаду зумовлена інтенсивністю його відведення. Порційний випуск знижує кількість захоплюваної води, внаслідок чого відкачування осаду плунжерними насосами забезпечує його вологість на рівні 93...94%, в той час як використання відцентрових насосів або випуск осаду під гідростатичним напором підвищує вологість до 95...96%.

Видалення осаду вологістю 99,5...99,6% (концентрація 4...5 г/л) на осадкоущільнювач для сумісного ущільнення з надлишковим активним мулом підвищує аеробність середовища, особливо при наявності нітритів і нітратів в очищеній воді.

Загнивання і винос частинок осаду головним чином помітні в разі неякісного виготовлення та монтажу скребкових пристроїв. У пусконалагоджувальний період слід провести якісне бетонування пазух, кутів та інших місць злежування осаду.

Радіальні відстійники. На ефективність роботи відстійників суттєвий вплив має рівномірність збору і розподілу води.

Збір і видалення осаду в радіальних відстійниках не викликає особливих труднощів при достатньо якісному виготовленні і монтажі скребкових пристроїв. Пристрій для згрібання осаду включають за 1...1,5 год до вивантаження осаду. Вимкнення їх з роботи проводять перед початком або після закінчення вивантаження.

Зі збільшенням висоти шару осаду можливо деяке зниження вологості, але цьому зазвичай перешкоджає його загнивання. З цієї точки зору доцільно накопичувати осад перед вивантаженням в центральному приямку, ущільнювати його деякий час і потім вивантажувати.

Вертикальні відстійники. Погіршення роботи відстійників пов'язано з якістю центруванням труби і відбивного щита, нерівномірним розподілом води в зазорі між трубою і щитом, нерівномірністю збору води. Всі ці недоліки виявляються при трасуванні відстійників шляхом відбору проб по периферії відстійника на різних рівнях. Недосконаліть роботи збірних пристроїв найлегше проявляється при мінімальних витратах стічних вод.

12.5. Експлуатація споруд біологічного очищення в природних умовах

12.5.1. Поля фільтрації

Фільтрування стічних вод сприяє інтенсивному розвитку мікроорганізмів ґрунтового біоценозу, ослизненню і закупорці порового простору, погіршенню аерації розвитку цвілевих грибів та інших кислотоутворюючих культур. Завислі речовини затримуються в поровому просторі і стають істотним фактором приросту біомаси [1]. Завдання служби експлуатації полягає у створенні режиму підготовки і напуску стічних вод, що виключає кольматацію ґрунту.

Агротехнічні заходи обробка ґрунту, вирощування рослин і т.п. покликані забезпечити збереження та поліпшення структури культурного ґрунтового шару, ліквідації накопичень органічних речовин, у тому числі біомаси мікроорганізмів, вилучення біогенних елементів (азоту, фосфору, калію). Поєднання періоду зрошення з наступним періодом профілактичних заходів досягається на основі річних і сезонних графіків зрошення. Графіки складаються за річними і місячними прогнозами погоди з урахуванням вимог агротехніки, сівозміни, потреби у воді і біогенних елементах. Кількість води і

тривалість разового поливу визначаються фільтраційними властивостями ґрунту.

Зайве гідравлічне навантаження найбільш швидко відбивається на агрохімічному складі ґрунту: знижується *pH*, посилюються анаеробні процеси, погіршується кисневий режим, біоценоз ґрунту збіднюється і зміщується до факультативно-анаеробного. За сумою таких ознак методом проб (шляхом напуску різної кількості стічних вод на карти з подальшим спостереженням за ними) встановлюють норми разового поливу.

Норми повинні коригуватися залежно від сезону року, кількості атмосферних опадів, дефіциту вологості ґрунтів.

Враховуючи згадані обставини, складають календарний графік циклічного поливу карт, що передбачає тривалість циклу від 2…3 до 10...15 діб. Карти полів систематизують за фільтраційним властивостям ґрунтів для можливості маневру, створення запасу площ на період сніготанення, інтенсивного випадання опадів.

Оранка полів сприяє їх аерації, інтенсивному окислюванню накопичених забруднень. Оранку проводять 2...3 рази на рік, руйнуючи поверхневий шар закольматованного ґрунту.

Під зимове намерзання відводять не більше 80% площі карт. Намерзання повинно супроводжуватися підлідною фільтрацією, у зв'язку з чим бажано забезпечити напуск стічних вод під шар льоду із запобіганням випуску води тонким шаром поверх льоду. Невеликі за розмірами карти вдається заповнювати відразу на велику висоту (30...40 см), утримуючи їх від повного промерзання підлідним напуском. При поверхневому відводі води у весняний період нарізкою борозен і очищенням відвідних прорізів різко знижують танення льоду та снігу, зменшують небезпеку прориву талих вод.

Інфекційні та паразитарні клітини зберігають життєздатність в ґрунті тривалий час, з чим має бути ознайомлений експлуатаційний персонал. Вирощувані рослини необхідно піддавати термообробці (наприклад, в апаратах для приготування трав'яного борошна) з метою знезараження.

12.5.2. Біологічні ставки

У практиці очищення міських стічних вод застосовують біологічні ставки окисного типу, не допускаючи накопичення осаду на дні і створення там анаеробних умов. Система анаеробно-аеробних ставків раціональна для очищення висококонцентрованих стічних вод від переробних підприємств агропрому [1].

Окислювальні ставки можуть включати частково або повністю трофічну[6] схему. У повній схемі трансформація забруднень проходить цикл:

[6] Трофічна структура – структура організації екосистеми, в основі якої - трофічні зв'язки популяцій. Вона складається з циклів живлення і визначає функціонування екосистеми. Т.с. екосистеми складається з трофічних ланцюгів, які починаються з рослин, посліду, детриту тощо

Детрит - відмерлі організми рослин і тварин, завислі у воді або осілі на дні водойми.

гетеротрофне окислення забруднень, автотрофне відтворення вторинної біомаси, споживання біомаси найпростішими організмами, рачками та розведення риби на основі цієї кормової бази.

Очищення води досягає рівня, характерного для забруднених природних водойм (*БПК*=6...8 мг/л). У неповній схемі ланцюжок розривається після закінчення окисних або автотрофних процесів, і в цьому випадку очищена вода характеризується значенням *БПК*=15 мг/л, підвищеним вмістом завислих речовин 20...30 мг/л, представлених бактеріальною масою, значним фоном сполук азоту 10...20 мг/л.

У секціонованих ставках рух води наближається до витиснювального режиму, всі стадії схеми протікають послідовно і досить чітко розмежовані. Ставки-змішувачі (одноступінчаті, круглої або квадратної форми) характеризуються значною дифузією, всі процеси протікають паралельно, розмежування їх ускладнене. Стадія окислення забруднень гетеротрофними організмами в присутності розчиненого кисню протікає подібно до окислення забруднень у водоймах, її тривалість $t_ф$ визначається за константою швидкості окислення забруднень K, рівної 0,1 доб$^{-1}$: $\boldsymbol{t_ф = 1/K \times \lg(L_o/L_t)}$.

Значення $t_ф$ відноситься до активної частини біоставка, яка оцінюється коефіцієнтом об'ємного використання $\boldsymbol{K_{ов}}$ ($\boldsymbol{t_ф = K_{ов} \times V/Q_{доб}}$, де V - загальний об'єм біоставка). Ставки з автотрофними процесами розраховуються за К = 0,07 доб$^{-1}$, а повний трофічний ланцюг характеризується зниженням константи швидкості від 0,07 до 0,05...0,04 доб$^{-1}$. Окислювальні ставки забезпечують розчиненим киснем за рахунок атмосферної аерації (3...4 г O_2/м^2×добу) або штучної аерації за допомогою пневматичних та механічних аераторів.

Перевантаження біоставків і недотримання режимних параметрів приводять в кінцевому підсумку до утворення донних відкладень, появи анаеробних зон, вторинного забруднення води. Надлишок органічних забруднень викликає інтенсивне зростання гетеротрофної біомаси і поступове її накопичення внаслідок осадження. Такий же ефект виникає при нестачі кисню, коли процеси росту мікроорганізмів превалюють над окисними і основна частина забруднень трансформується в біомасу. У донні відкладення потрапляє маса планктону в осінній період внаслідок сезонних змін і відмирання світлолюбних культур. Зважаючи на складність управління таким різнорідним складом мікроорганізмів доцільно провести ряд профілактичних заходів щодо збирання та видалення донного мулу. До них можна віднести: організацію спрямованої циркуляції води в ставках з метою винесення їх завислих і осідаючих домішок до місць їх збору (приямків) з подальшим відкачуванням стаціонарними або пересувними насосними установками, влаштування пристосувань для спорожнення ставків і видалення донних відкладень; організацію аерації і перемішування в першій секції ставків з виносом утвореної біомаси в проміжний відстійник, що влаштовується у вигляді глибокої виїмки з приямком для накопичення мулу і т.п. Незначні відкладення мулу зазвичай переробляються личинками комах і не мають істотного впливу на якість очищеної води, проте окремі частинки спливаючого мулу повинні бути затримані до випуску очищеної води.

Слід звернути увагу на визначення *БПК* і концентрації розчиненого кисню в ставковій воді. Внаслідок фотосинтезу в денний час може спостерігатися підвищений вміст кисню у воді, у зв'язку з чим фактичне значення цієї величини буде спотворено. Краще визначати розчинений кисень у ранкові години. З цієї ж причини з'являється велика різниця між величинами *БПК*, обчисленими в склянках, що зберігаються на світлі й у темряві. Корисно визначати *ХПК* і *БПК* в фільтрованих і збовтати пробах, з тим, що б оцінити споживання кисню розчиненими домішками і мікроорганізмами, що залишилися в неочищеній воді. Одночасно можна буде оцінити ефективність прояснення води в фільтруючих елементах, що іноді влаштовуються в системі відводу води для поліпшення її якості.

У зимовий час у ставках переважають процеси осадження дисперсних домішок і окислення розчиненої частини забруднень; фотосинтетична активність біоценозу виражена дуже слабо. Спостереження за кисневим режимом роботи ставків має бути посиленим.

12.5.3. Біологічні фільтри

Краплинні біофільтри. У біологічних фільтрах прикріплена до поверхні фільтруючого матеріалу біомаса забезпечує вилучення органічних забруднень за час проходження стічних вод, залежне від типу і висоти фільтруючого матеріалу та гідравлічного навантаження. Середня тривалість перебування води в товщі фільтруючого матеріалу визначається за виразом $t = f\ (H/q^m)$, в якому величина m дорівнює 0,4 і 0,5 відповідно для біофільтрів з об'ємним і площинним фільтруючим матеріалом [1].

Основне завдання експлуатації біофільтрів зводиться до культивування біологічної плівки, яка має стійку здатність до очищення стічних вод і безперервного відтворення нової та видалення старої біомаси. Несприятливі умови роботи біофільтрів призводять до замулення фільтруючого матеріалу, особливо об'ємної його структури (кусковий), зміни біоценозу і погіршення якості очищеної води. Режим відтворення біоплівки залежить від навантаження на біомасу за органічними речовинами, режиму руху рідини в поровому просторі фільтруючого матеріалу біофільтра, здатності біоплівки прикріплятися і утримуватися на фільтрувальній поверхні.

Краплинні біофільтри розраховані на відносно тривалий контакт стічних вод з біоплівкою (3...10 хв). Рух рідини у товщі фільтруючого матеріалу в період його зрошення через спринклерну систему з дозувальним баком характеризується несталим режимом. Для визначення утримуючої здатності біофільтра (по воді) застосовують методи спорожнення і трасування.

Трасуванням можна визначити також розвиток замулення фільтруючого матеріалу і появу зон інтенсивного потоку води. При замулюванні фільтра найчастіше формуються зони інтенсивного потоку і значна його частина проходить через фільтруючий матеріал без очищення. Цьому явищу сприяє неоднорідність фільтруючого матеріалу.

Невідповідність якості очищеної води проектним даним може бути

викликана рядом причин: різкою нерівномірністю притоку стічних вод; зміною якісного складу забруднень у стічних водах за рахунок промислових підприємств (надходження ПАВ з пралень, нафтопродуктів, скидання технологічних розчинів і відходів з виробничих об'єктів і т. п.); зниженням температури стічних вод і невідповідністю фракційного складу фільтруючого матеріалу нормативним вимогам; перевантаженням очисної станції як за витратою стічних вод, так і за кількістю забруднень. При неможливості усунення фактора, що викликає несприятливий вплив, можна застосувати заходи оперативного впливу: введення рециркуляції очищеної води, в тому числі в нічні години; заміну частини фільтруючого матеріалу; інтенсифікацію вузла механічного очищення попередньою аерацією, використанням регенерованої надлишкової біоплівки з вторинних відстійників, влаштування системи обігріву (намету з опаленням або без нього). При повному очищенні рециркуляція очищеної води, накладена на розрахункові витрати стічних вод, в загальному підході знижує ефективність очищення води за рахунок зменшення часу контакту забруднень з біоплівкою. Але введення рециркуляції в години малого притоку створює передумови для інтенсивної промивки фільтруючого матеріалу від надлишку біоплівки, запобігання висихання біомаси, виносу накопичених забруднень та продуктів метаболізму.

Не виключається рециркуляція теплої або підігрітої чистої води в нічні години для збереження температурного режиму і виключення остигання біофільтра.

Заміна частини фільтруючого матеріалу є вимушеною мірою, пов'язаною з замуленням його верхніх шарів. Верхній шар товщиною 0,5...0,7 м замінюють на фільтруючий матеріал з більшою поруватістю, внаслідок чого знижується тривалість протікання води і в деякій мірі ефект очищення.

Слід звернути увагу експлуатаційного персоналу на параметр гідравлічного навантаження – 1...3 $м^3/м^2 \times$добу. Оцінка роботи біофільтрів проводиться за даними аналізів вихідної (*БПК*, *ХПК*, концентрація завислих речовин, азот амонійний, СПАР) і очищеної води (*БПК*, *ХПК*, концентрація завислих речовин, азот амонійний, нітрити, нітрати), а також осаду вторинних відстійників.

Величина *ХПК* дає інформацію про можливі скиди технологічних розчинів і особливо важлива при контролі процесу за величиною $БПК_5$, оскільки не враховує вплив завислих речовин на процеси біологічного очищення. Зниження концентрації амонійного азоту, поява нітритів і нітратів свідчать про повноту очищення. У загальному випадку для повного очищення характерне зниження кількості амонійного азоту на 20...50%, наявність нітратів в межах 2...5 мг/л (рис. 12.4).

У пусковий період роботи крапельних біофільтрів проводиться нарощування біоплівки шляхом пропускання розбавлених або нерозбавлених стічних вод з поступовим збільшенням витрати в межах від 30...40 до 100% від проектної величини.

Пуск бажано проводити в теплий період року, щоб уникнути несприятливих впливів низьких температур. Інтенсивному зростанню

біоплівки сприяє використання активного мулу або біоплівки з діючої станції.

У перший період є корисним повернення осаду вторинних відстійників на біофільтри. Поступовий перехід від одного режиму до іншого повинен бути обґрунтований показниками повноти очищення стічних вод і мікробіологічними показниками складу зразків біоплівки, відібраної з різних шарів по висоті біофільтра. Оцінюється також біоценоз біоплівки, затриманої у вторинному відстійнику. Перехід на проектний режим роботи здійснюється при досягненні повного очищення в проміжних режимах.

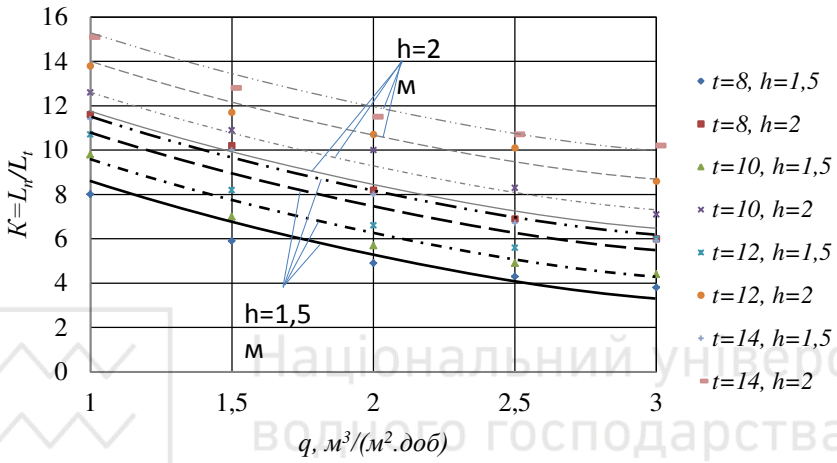


Рис. 12.4. Взаємозалежність параметрів роботи крапельних біофільтрів [17]
K - кратність зниження *БПК*; *t* - температура стічних вод, °С; *h* - висота завантаження, м; *q* - гідравлічне навантаження, м³/м²×добу

Біофільтри високого навантаження. На відміну від краплинних фільтрів біофільтри високого навантаження працюють за інтенсивнішого зрошення - 10...30 м³/м²×добу. В умовах нормальної експлуатації ефективність очищення залежить від якісного складу забруднень, температури води, аерації та параметрів фільтруючого шару, рівномірності зрошення.

Якісний склад забруднень оцінюється за *БПК* і *ХПК* стічних вод, вмістом завислих речовин. Наявність у стічних водах легкозасвоюваних речовин, підвищеного вмісту завислих (припустима концентрація ≤ 150 мг/л) сприяє зростанню біоплівки і ймовірному замуленню фільтруючого шару. Різкі коливання температури стічних вод впродовж доби викликають зниження активності мікроорганізмів і вимагають адаптації їх до нових умов. Аерацію фільтруючого шару важко оцінити кількісно, оскільки вимірювання витрати повітря у вікнах подавальних і всмоктувальних повітроводів не гарантує рівномірність розподілу його по всій поверхні біофільтра. Спроби візуальної оцінки рівномірності аерації шляхом задимлення або фарбування повітря не завжди прийнятні і безпечні. Аерація вважається достатньою, якщо в очищеній воді міститься 5...6 мг/л розчиненого кисню (у разі повного очищення оцінка доповнюється наявністю нітритів і нітратів).

Параметри фільтруючого шару значною мірою впливають на значення технологічних параметрів його роботи. Зменшення поруватості фільтруючого шару може сприяти збільшенню швидкості очищення, але супроводжуватиметься ймовірністю замулювання повітряних каналів.

Більш поруватий фільтруючий шар менш схильний до замулення, проте за цих умов знижується ефективність очищення внаслідок зменшення площі контакту біоплівки і стічних вод. Найбільш небезпечним є розташування в верхній частині фільтруючого шару з малим розміром пор, оскільки тут найбільш інтенсивно розвивається біомаса мікроорганізмів.

Рівномірність зрошення визначають об'ємним способом, використовуючи невисокі мірні посудини, які розташовують на поверхні фільтруючого шару в найбільш характерних точках зрошення. Час наповнення певного об'єму посудин дає досить чітке уявлення про можливі дефекти зрошувальної системи.

При перевищенні допустимого значення *БПК* стічних вод можна застосовувати рециркуляцію очищеної води.

Припустиме значення *БПК* L_o визначиться як $L_o = kL_t$, причому значення k знаходять за відомим величинам гідравлічного навантаження q і температури t стічних вод в залежності від режиму аерації [17]. У першому наближенні можна приймати k при витраті повітря $B = 8$ м^3/м^3. Виявлене перевищення фактичного значення L_o над проектною величиною, підкріплене недостатнім ефектом очищення, навіть при надмірній подачі повітря (понад 12 м^3/м^3) є достатньою підставою для введення рециркуляції. З метою спрощення контролю на рис. 12.5 наведені графіки залежності параметрів, складені на підставі нормативних даних. Послідовність користування графіками: спочатку визначають K_T (коефіцієнт, що враховує зміну температури стічних вод K_T=0,2×1,047$^{(Tc\ -\ 20)}$, Tc – середньомісячна температура води за літній період, ºС), потім за відомою величиною K знаходять значення критеріального комплексу F; за величиною F/K_T призначаються q і B за відомою висотою фільтруючого шару H. При цьому не залишають без уваги можливість введення рециркуляції очищеної води. Якщо відомий графік зміни концентрації і витрати стічних вод, то можна визначити раціональний режим роботи біофільтра з рециркуляцією і без неї (в денні та нічні години).

Замулення фільтруючого шару характеризується появою калюж на його поверхні і зниженням тривалості контакту води з біоплівкою. Розвиток замулення можна виявити, шляхом періодичного визначення характеру накопичення біоплівки в фільтруючому шарі на глибині 0,3...0,7 м від поверхні. Якщо поровий простір фільтруючого шару інтенсивно заповнюється біоплівкою, то ця ознака може слугувати підставою для промивки біофільтра. Додаткова інформація може бути отримана мікроскопіюванням проб біоплівки, відібраної з місць її скупчення. Переважання анаеробної біомаси, гнильний запах, відносно низька присутність або повна відсутність аеробних індикаторних найпростіших організмів свідчать про загнивання біоплівки в поровому просторі.

У початковий період розвитку замулення можна промити біофільтр

застосовуючи інтенсивну рециркуляцію. Допускається промивка фільтра хлорною водою (доза хлору 100...150 мг/л, залишковий активний хлор 10...15 мг/л). Застаріле замулення ліквідовують гідродинамічними і механічними способами. Після операцій з промивання фільтруючого шару, особливо в разі застосування хлорної води, необхідно повторне нарощування біоплівки.

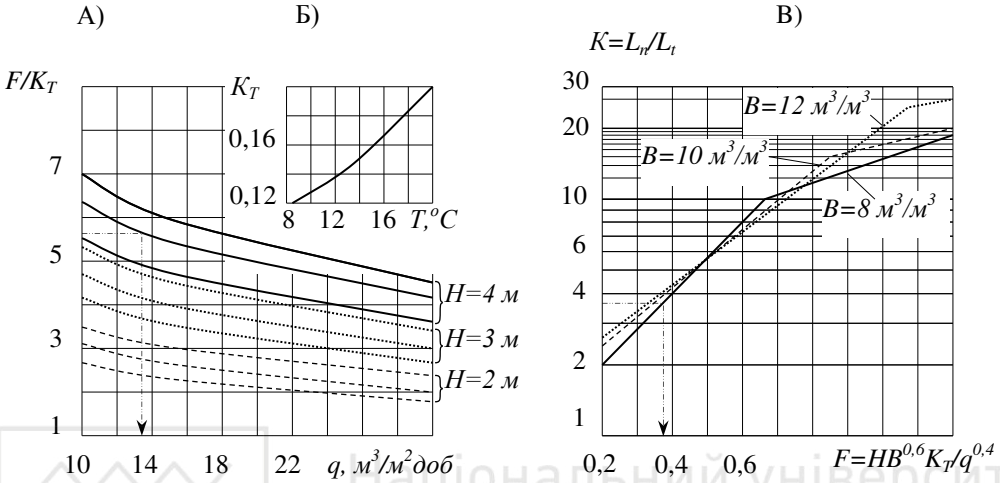


Рис. 12.5. Співвідношення параметрів роботи біофільтрів високого навантаження
А - залежність комплексу F/K_T від гідравлічного навантаження q; Б - залежність константи K_T від температури води T; В - залежність параметра K від критеріального комплексу F

Біофільтри з листового і рулонного пластмасового фільтруючого шару. На відміну від біофільтрів з кускового фільтруючого шару в конструкціях цих біофільтрів практично виключається їх замулення. Внаслідок малої тривалості контакту забруднень з біоплівкою застосовують багаторазову рециркуляцію води і збільшують гідравлічне навантаження до 20...70 м^3/м^2×добу. Оскільки вторинні відстійники не в змозі пропустити підвищену витрату стічних вод (з урахуванням рециркуляції), то відбір води для рециркуляції проводять перед вторинними відстійниками, разом з надлишковою біоплівкою. Пуск в роботу біофільтрів високого навантаження мало чим відрізняється від описаного раніше.

12.5.4. Аеротенки

Основне завдання експлуатації аеротенків полягає в культивуванні мікроорганізмів, які забезпечують вилучення і окислення органічних забруднень. Для цього можуть застосовуватися регульовані параметри процесу: навантаження на активний мул[7]; кисневий режим; вік мулу[8]. Температурний режим, сезонність належать до нерегульованих параметрів, негативний вплив яких можна усунути оперативними засобами (зміною

[7] кількість, мг, забруднень за *БПК* на 1 г беззольної речовини на добу
[8] відношення маси беззольної речовини активного мулу в системі до такої ж маси надлишкового мулу, виведеного з системи впродовж доби

співвідношення об'ємів аеротенка та регенератора, віку мулу, кисневого режиму) [1].

Кисневий режим встановлюється в залежності від режимних параметрів і якості очищеної води. Повне біологічне очищення передбачає розвиток в тій чи іншій мірі процесу нітрифікації, для нормального ходу якого необхідний певний надлишок розчиненого кисню, концентрація останнього підтримується на рівні 3...4 мг/л на заключному етапі очищення. Початок нітрифікації відбувається при досягненні ефекту очищення 70...80% за *БПК* (відповідно для низьких і високих концентрацій забруднень). Середня концентрація розчиненого кисню C_o призначається залежно від необхідності підтримки розрахункової швидкості очищення і допустимих енергетичних витрат.

Середня концентрація розчиненого кисню призначається рівною 0,5 …1,0 мг/л в регенераторах, в аеробних мінералізаторах і в аеротенках на неповне очищення, 2...3 мг/л в аеротенках на повне біологічне очищення.

Доза активного мулу змінюється за сезонами року. У теплий літній час переважають процеси енергетичного обміну, приріст мулу знижується; в холодний зимовий період перевагу отримують процеси асиміляції, збільшується приріст мулу, зростає його доза в аеротенках, відповідно збільшується і його вік.

Підвищення дози мулу в зимовий період зміцнює надійність процесу очищення і стабілізує сформований біоценоз при можливих порушеннях умов експлуатації споруд. Надлишково висока доза активного мулу ускладнює роботу вторинних відстійників, збільшує винос з очищеною водою продуктів метаболізму мікроорганізмів, знижує активність мулу.

З досвіду експлуатації аеротенків з пневматичною аерацією відомо, що максимально допустима концентрація мулу становить 2,5...3 г/л, а збільшення її до 4 г/л викликає інтенсивне винесення завислих речовин з вторинних відстійників і зумовлює погіршення якості очищеної води. Отже, допустима доза мулу повинна бути узгоджена з роботою аераційного обладнання та вторинних відстійників. Побічно ця обставина враховується у визначенні гідравлічного навантаження у вторинних відстійниках.

Способи розподілу стічних вод. За структурою потоків рідини і способу розподілу стічних вод аеротенки можуть працювати в режимі змішування, витіснення або в проміжному між зазначеними режимами [1].

Режим змішування передбачає інтенсивне перемішування стічних вод з усією масою рідини в аеротенках і відсутність значного градієнта концентрації забруднень по довжині коридору аеротенка. Основним недоліком таких споруд є можливість проскакування частини неочищеної води. Від цього недоліку позбуваються шляхом секціонування (поділу на окремі секції) аеротенків за допомогою установки глухих перегородок з переливом рідини через вікна водозливи. В аеротенках-змішувачах внаслідок розвитку бактерій ниткоподібної форми є ймовірність появи «спухання» активного мулу. В аеротенках-витискувачах ймовірність спухання активного мулу мінімальна, проте на початкових ділянках споруди характеризуються ускладненням умов розчинення кисню. Режим витіснення спостерігається при співвідношенні

довжини і ширини аеротенка – ≥ 30: 1 або при створенні в аеротенках 6...8 окремих секцій.

Характер перемішування може бути встановлений шляхом трасування потоків найпростішими способами. Інша важлива функція розподілу – створення так званого «селектора», що представляє собою ділянку аеротенків, в якій створюються умови для «шокового» навантаження активного мулу. Короткочасне інтенсивне навантаження мулу сприяє придушенню нитчастих бактерій, що розвиваються в умовах переважання розчинених легкоокислюваних домішок (забруднення стоками молочних і пивоварних заводів, кондитерських фабрик і т. п.).

При вирішенні питання про вибір способу подачі стічних вод необхідно провести обстеження аеротенка з метою виявленням поля концентрацій забруднень і розчиненого кисню. Концентрація забруднень встановлюється визначенням *ХПК* в пробах, прояснених короткочасним центрифугуванням або фільтруванням під тиском з метою видалення активного мулу з проби.

Глибоке біологічне очищення стічних вод вимагає створення певної обстановки на заключному етапі. Неприпустимо попадання легкоокислюваних забруднень в кінцеву частину аеротенка, в зв'язку з чим останню ділянку ізолюють від попередніх, досягаючи умов, по можливості, повного наближення до режиму витіснення.

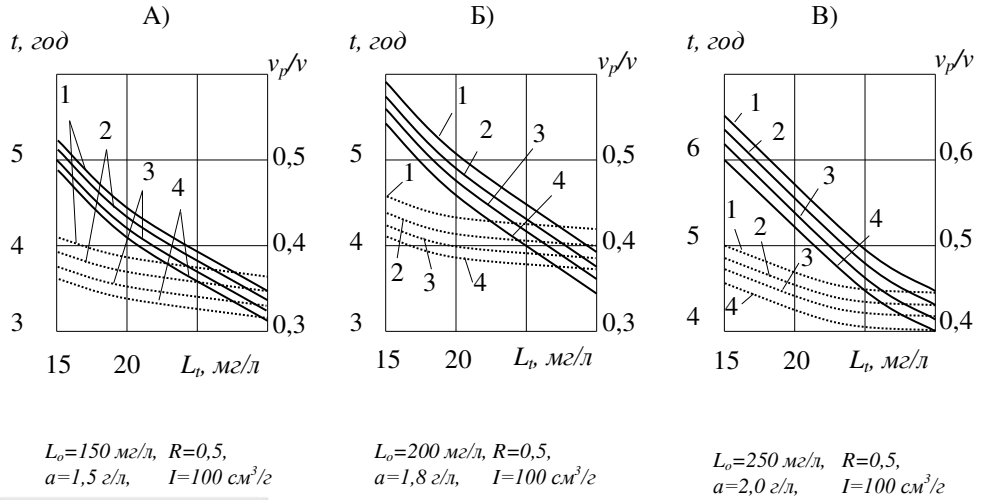
Регенерація мулу та її роль. Регенерація мулу покликана відновлювати окислювальні властивості мулу при несприятливих впливах на нього. До таких дій відносяться накопичення суспензій і емульсій (завислих речовин, нафтопродуктів, жирів і т.ін.), токсичних речовин (важких металів), важкоокислюваних дрібнодисперсних домішок. Згадані накопичення в активному мулі необхідно або окислити, або вилучити (наприклад, центрифугуванням). Тривалість регенерації встановлюють за величиною швидкості споживання кисню, видовим складом найпростіших і їх активності, дегідрогеназної активності мулу.

На рис. 12.6 графічно зображено співвідношення об'єму регенератора $v_р$ і загального об'єму аеротенка v в залежності від *БПК* води, що поступає L_o, *БПК* очищеної води L_t, концентрації розчиненого кисню C_o (в межах від 1 до 3 мг/л). На тих же графіках наведено значення сумарного часу очищення t ($t=v/Q_{ст}$) залежно від тих же параметрів.

В об'ємі мулової суміші концентрацію розчиненого кисню піднімають аерацією до 6...8 мг/л, потім відключають аерацію і вводять відповідну кількість легкоокислюваного субстрату (наприклад, розчин етилового спирту, ацетон та ін.). Порівнянням швидкості споживання кисню в пробах мулу з його регенерацією і без неї, з додаванням субстрату і без нього оцінюють глибину регенерації, одночасно супроводжуючи результати дослідів мікроскопуванням мулу.

Щоб уникнути попадання забрудненої води регенератор відокремлюють від решти об'єму аеротенка перегородкою. Поліпшення складу найпростіших при частковій подачі стічних вод в регенератор свідчить про надмірність об'єму регенератора. За характером змішування в регенераторах слід прагнути до

змішувального режиму, з тим щоб більш продуктивно використовувати його об'єм і інтенсифікувати окислення позаклітинних накопичень.



L_o=150 мг/л, R=0,5, a=1,5 г/л, I=100 см³/г

L_o=200 мг/л, R=0,5, a=1,8 г/л, I=100 см³/г

L_o=250 мг/л, R=0,5, a=2,0 г/л, I=100 см³/г

Рис. 12.6. Співвідношення параметрів роботи аеротенків-змішувачів з регенераторами в залежності від *БПК* вихідної води і концентрації розчиненого кисню:
А - *БПК* = 150 мг/л; Б - *БПК* = 200 мг/л; В - *БПК* = 250 мг/л; 1 - 4 криві тривалості очищення стічних вод і співвідношення об'єму регенератора та об'єму аеротенка при концентрації розчиненого кисню, що дорівнює відповідно 1,0, 1,5, 2,0 і 3,0 мг/л

12.5.5. Вторинні відстійники

Вторинні відстійники після аеротенків і біофільтрів виконують функцію прояснення біологічно очищеної води. Затримана біоплівка в більшості випадків направляється на знешкодження і зневоднення, до неї не пред'являється будь-яких вимог, за винятком низької вологості (≈ 96%). Проектування відстійників проводять за гідравлічним навантаженням q, яке визначається гідравлічною крупністю $u_б$ частинок біоплівки ($q=3,6\eta u_б$).

Винесення завислих речовин при повному біологічному очищенні ($БПК_п$) чисельно дорівнює очищеної води. При неповному очищенні значення концентрації завислих речовин на 10...15% вище, ніж величина *БПК*. Велика частина завислих речовин, що виносяться, мають невеликі скупчення бактеріальних тіл. Одиниця маси їх еквівалентна витраті кисню в 0,6 одиниці при визначенні *БПК*. Наприклад, при $БПК_п$ і концентрації завислих речовин 20 мг/л розподіл витрат кисню приблизно наступний: 12 мг/л витрачається на дихання бактеріальних клітин, 8 мг/л приурочені до витрат кисню на окислювання залишкових забруднень [1].

Вторинні відстійники після аеротенків, крім проясненої води, виконують функцію споруд короткочасного ущільнення мулу. Тривалість перебування мулу в зоні ущільнення не повинна перевищувати 40 хв. Зазвичай її визначають наближено за величиною об'єму зони ущільнення і витрати

циркулюючого мулу. Такий прийом не враховує спосіб збору мулу: мулосмоктами він відбирається безпосередньо з місця осадження, а в разі застосування скребків транспортується до приямку, а потім вже відкачується насосами або ерліфтами. У зв'язку із зазначеним мінімально допустима кратність рециркуляції R приймається рівною 0,3 при зборі мулу мулосмоктами, 0,4 при відкачуванні насосами і ерліфтами, 0,6 при вивантаженні під гідростатичним тиском.

В основу розрахунку вторинних відстійників закладений принцип сталості значення симплекса *Ia*, що символізує необхідність поєднання дози мулу з його індексом. У практиці застосовують прийом зниження дози мулу з ростом мулового індексу, однак, тільки в певних межах, обумовлених допустимим діапазоном підвищення навантаження на мул. Зниження дози мулу може викликати істотне зростання навантаження на нього і тим самим посилити процес «спухання», тому варто збільшувати кратність циркуляції без зміни дози мулу.

Коефіцієнт об'ємного використання вторинних відстійників зазвичай нижче, ніж для первинних, що пов'язано з більшою тривалістю відстоювання (≥1,5...2 год). Зі збільшенням гідравлічного навантаження коефіцієнт об'ємного використання зростає. Для умов повного біологічного очищення η = 0,45 для горизонтальних, 0,4 для радіальних і 0,35 для вертикальних відстійників.

У цьому випадку винесення суспензії при q = 1,4…1,6 м^3/м^2×год і I = 100 см^3/год буде коливатися в межах від 10 до 20 мг/л відповідно до зміни дози мулу від 1,5 до 3,0 г/л.

Надмірна тривалість ущільнення мулу у вторинному відстійнику призводить до його загнивання, погіршення складу, зниження активності. В умовах розвиненої нітрифікації мул у вторинних відстійниках схильний до спливання внаслідок насичення газом (азотом).

12.6. Експлуатація споруд обробки і знешкодження осадів

12.6.1. Метантенки

Метантенки служать для забезпечення властивостей стабільності (незагнивання) осаду при тривалому його зберіганні або зневодненні в природних умовах.

Біологічний процес трансформації органічних речовин при зброджуванні здійснюється комплексом мікроорганізмів, провідна роль в якому належить групі метаноутворюючих бактерій. Культивування мікроорганізмів цієї групи представляє основну задачу служби експлуатації. Стійкий перебіг процесу забезпечується виконанням ряду режимних параметрів, найважливішими з яких є навантаження, збереження і відтворення біомаси, умови перемішування і підтримання температури маси бродіння [1].

Навантаження, через невизначеність маси активної біомаси, обчислюється за співвідношенням до об'єму споруди. Зв'язок між величиною добового навантаження за беззольними речовинами $N_б$ (кг/м^3×добу), дозою завантаження d (%) і тривалістю t (доба) при заданих величинах вологості

осаду W (%), концентрації сухої речовини C (кг/м^3) і зольності S (частки одиниці) може бути виражено рядом рівнянь:

$$N_б = 0{,}01d \times \frac{100-W}{100}(1-S) = \frac{1}{t} \times \frac{100-W}{100}(1-S) \times 10^3, \quad (12.5)$$

$$d = \frac{100Q_{доб}}{V_м} = \frac{100}{t}; \quad (12.6)$$

$$G_б = Q_{доб}\frac{100-W}{100}(1-S), \quad (12.7)$$

де $Q_{доб}$ - добовий обсяг осаду, м^3/добу; $G_б$ - маса беззольної частини осаду, кг/добу; V - об'єм метантенку, м^3.

Величина навантаження умовно класифікується на низьку (≤2 кг/м^3), середню (3...4 кг/м^3) і високу. Чим вище навантаження, тим нижче величина фактичного розпаду речовини. Допустима різниця між теоретичним E_m і фактичним розпадом $E_ф$ [$(E_m - E_ф)/E_m$] не повинна бути більше 0,2. Для спрощених розрахунків приймають, що різниця між E_m і $E_ф$ не повинна бути більшою 0,25 C для мезофільного бродіння, де C концентрація сухої речовини в осаді, кг/м^3: $C = 10(100 - W)$ і не більше 0,22C для термофільного режиму. Велика різниця між теоретичним і фактичним розпадом може бути обумовлена не тільки умовами ведення процесу, а й надходженням великих мас промислових незброджуваних домішок. Якщо такі відсутні, то підвищення навантаження, що супроводжується зниженням фактичного розпаду, свідчить про вимивання культури метаноутворюючих бактерій, перевантаження наявної біомаси, настання загрози дестабілізації процесу.

Якість зброженої суміші може бути оцінена за залишковим газовиділенням при тривалому доброджуванні осаду, вмісту нижчих жирних кислот (НЖК), амонійного азоту, лужності та *pH* осаду. Утворення метану переважно протікає через трансформацію оцтової (до 85%) і пропіонової кислот. Нормальний вміст НЖК в зброженому осаді ≤ 5...7 мг-екв/л; підвищення кількості кислот вказує на незавершеність процесу бродіння або пригнічення його токсичними речовинами. Найбільш поширені депресанти: солі важких металів, синтетичні ПАР, нафтопродукти, білкові сполуки (гній свинокомплексів і т. п.).

В реакціях утворення метану з органічних кислот і вуглекислоти бере участь катіон водню, у зв'язку з чим поява і накопичення водню в газі свідчить про не поєднання відновних реакцій і можливих порушеннях процесу.

Для контролю можуть використовуватися показники *pH* та вміст амонійного азоту. В результаті деструкції азотомістких речовин виділяється в середньому 1,2% амонійного азоту на 1 г/л сухої речовини осаду.

При вмісті амонійного азоту в муловій воді близько 500...600 мг/л *pH*

рідини підвищується до 8...8,5. Загальна лужність, в результаті зміни співвідношення між карбонатною і гідратною складовими, не завжди може бути достовірним показником змін в ході бродіння.

Вихід газу за масою дорівнює кількості зброджеої беззольної речовини, що також може служити контролем для балансу вхідної та вихідної маси органічних речовин. Склад газу в нормальних умовах: 30...35% CO_2, 60...65% CH_4, 1...2% H_2, N_2, CO. Вихід CH_4 може сягати 80%, чому сприяє перемішування осаду шляхом рециркуляції газу, повернення частини біомаси в метантенк, підвищення кількості активних мікроорганізмів в об'ємі споруди.

Рециркуляція мулової води або твердої частини осаду є оперативним прийомом підвищення стабільності роботи метантенку і засобом боротьби з порушеннями процесу бродіння. Біомаса метантенків здатна розвиватися на твердій поверхні, що може бути використано в практиці експлуатації.

Перемішування осаду здійснюється з метою вирівнювання його складу. Місцеві переущільнення осаду до вологості близько 90% призводять до погіршення виходу газу, гальмування бродіння продуктами метаболізму мікроорганізмів та іншими явищами.

Тривалість та інтенсивність перемішування вибирають виходячи з умов завантаження і вивантаження осаду, беручи до уваги за краще проводити завантаження і вивантаження в умовах витіснювального режиму (щоб уникнути проскакування незбродженого осаду), а підігрів маси бродіння – при інтенсивному перемішуванні. Формування графіка завантаження, розвантаження, підігріву і перемішування осаду доцільно проводити з врахуванням режиму зневоднення осадів, роботи первинних відстійників і мулоущільнювачів. Режим вивантаження осаду з первинних відстійників визначає циклічність операцій на метантенках.

Технологічний контроль за роботою метантенків включає перелік санітарно-хімічних показників складу і кількості продуктів бродіння. У сирому осаді визначають: об'єм осаду первинних відстійників і надлишкового активного мулу, їх температуру, середню вологість, зольність, вміст шкідливих компонентів (відповідно до характеру стоків промислових підприємств), зрідка вміст жирів, білків, вуглеводів або елементний склад осаду. У зброженій суміші визначають вологість, зольність, pH, вміст азоту амонійних солей, кількість НЖК, загальну лужність. Залежно від схеми обробки осаду може знадобитися визначення питомого опору фільтрації, гельмінтологічних показників, вмісту азоту, фосфору, калію і токсичних компонентів, кількість насіння бур'янів тощо.

12.6.2. Прояснювачі-перегнивачі

Прояснювачі з природною аерацією є відстійними спорудами. Певна відмінність полягає в роботі камери флокуляції і фільтра з завислим шаром, що формується на рівні нижнього отвору камери флокуляції [1].

Природна аерація викликає градієнтну та фізико-хімічну флокуляцію дисперсних частинок, що складають завислі речовини. Оптимальна кількість

повітря, необхідного для перемішування рідини і впливу кисню повітря на електростатичний заряд частинок, забезпечується перепадом рівнів 0,6 м (між рівнями води в подаючому лотку і в камері флокуляції) і величиною швидкості руху води в центральній трубі 0,7 м/с . Штучне збільшення витрати повітря шляхом примусової аерації дещо покращує процеси флокуляції, але незначно. Основним фактором є тривалість флокуляції, необхідну величину якої можливо визначити експериментально шляхом попередньої аерації рідини з подальшим відстоюванням в лабораторних умовах. Флокуляція посилюється при подачі надлишкового активного мулу перед проясненням [24].

Завислий шар фільтра утворюється при забезпеченні умов ламінарного виходу рідини з нижнього отвору камери флокуляції (швидкість 8...10 мм/с) і рівномірного висхідного руху в відстійній зоні (0,8...1,5 мм/с). Різка нерівномірність подачі стічних вод, низький вміст завислих речовин негативно позначаються на структурі завислого шару. Нормальний вміст завислих речовин у фільтрі 1...3 г/л. В деяких випадках застосовують рециркуляцію осаду для формування і стабілізації завислого шару фільтра.

Процеси, що відбуваються в камері перегнивання, мають загальний для метанового бродіння характер, але розтягнуті в часі внаслідок більш низької і залежної від пір року температури маси зброджування. Підігрів маси зброджування обумовлений теплообміном між прояснювачем і перегнивачем, внаслідок чого температура рідини в перегнивачі нижче температури стічних вод на 2…3°С. Цикл бродіння в перегнивачі «розтягнутий» на 50...80 діб при середній температурі 12...10°С (відповідно 40...20 діб при температурі 15...20°С) проти 10...12 діб в метантенках.

Циклограма роботи перегнивача включає *n*-добовий період роботи: вивантаження ущільненого збродженого осаду за попередні *n* діб (не більше 10% від загального об'єму перегнивача), щоденну добавку свіжого осаду з прояснювача і перемішування об'єму перегнивача впродовж 24 год. Тривалість циклу впродовж доби (при обмеженні об'єму вивантажуваного осаду 10%) складе 5...7 діб за температури 12...10°С і 4...2 діб за 1°С.

Слід відзначити, що обмеження об'єму вивантажуваного осаду пов'язано з висотною позначкою труби для видалення осаду, що розташовується на глибині 1,5 м від поверхні. Очевидно, кількість осаду, що заповнює кільцевий об'єм між перегнивачем і прояснювачем, дорівнюватиме $\pi(1{,}5–h_o)(D_n^2–D_o^2)/4$, причому h_o залишковий напір, за якого завершується вивантаження осаду, D_n і D_o відповідно внутрішній діаметр перегнивача і зовнішній діаметр прояснювача.

Ущільнення осаду перед вивантаженням гарантує видалення збродженого осаду, оскільки незброджені частки насичені газом і набувають плавучість. Контроль глибини розпаду речовини проводять за показниками мулової води: *pH*, кількості амонійного азоту, НЖК, зольності осаду.

Для перегнивачів характерно кіркоутворення, особливо при зброджуванні осадів, які містять значну кількість рослинних залишків. У таких випадках слід застосувати заходи з подрібнення кірки (за цих умов слід уникати появи іскор).

12.6.3. Двоярусні відстійники

Осадові жолоби двоярусних відстійників представляють собою горизонтальні відстійники малої довжини (за винятком зблокованих септичних камер в дво- і трикамерних спорудах). Правила експлуатації горизонтальних відстійників подібні до правил експлуатації відстійних жолобів. Кірка, що утворюється при накопиченні спливаючих речовин, віддаляється вручну [24].

Септична камера за характером процесів дещо відрізняється від метантенків. У верхніх шарах і частково в середніх перемішування відбувається за рахунок газоутворення; в нижніх шарах при вологості осаду 90% і менше, бродіння згасає, а осад поступово ущільнюється до граничної вологості – 86…87%.

Вивантаження осаду повинне бути помірним, з тим щоб в септичній камері залишалася достатня кількість зрілого (зброджeного) осаду в якості запасу анаеробної біомаси для затравки і запасу лужності для нейтралізації кислого осаду в прилеглих шарах. З цієї позиції раціонально проводити відбір проб з різних глибин септичної камери для визначення показників складу мулової води: *pH*, NH^{+4}, НЖК, зольності. У разі закисання зброджуваної маси, обумовленого перевантаженням септичної камери свіжим осадом або порушенням співвідношення між кількістю свіжого і зброджeного осаду, проводять перекачку зброджeного осаду з іншої споруди або добавляють вапно з наступним зниженням навантаження (за осадом) на споруду до виходу її в нормальний режим роботи.

Пластичність осаду підвищується при добавлянні надлишкового активного мулу або біоплівки, але при цьому збільшується ризик закисання або неповного зброджування маси. Мулова вода, витісняється при ущільненні маси, потрапляє в стічні води і підвищує їх *БПК* і *ХПК*, що слід враховувати і контролювати шляхом порівняння *БПК* і *ХПК* в пробах води, проясненої в двох'ярусному відстійнику і в лабораторному циліндрі. Співвідношення часу відстоювання у споруді $t_{до}$ і лабораторії t має визначатися залежністю

$$\frac{t_{\text{до}}}{t} = \frac{\alpha}{K^2}\left(\frac{KH}{h}\right)^n, \qquad (12.8)$$

де α – врахування впливу в'язкості; К - коефіцієнт використання об'єму: К = 0,4...0,5; Н – розрахункова глибина осадових жолобів (сума висоти прямокутної частини і третини висоти трикутної частини живого перерізу), м; h – висота лабораторного циліндра (не менше 0,5 м); n - розрахунковий показник ступеня агломерації частинок суспензії.

Наближено t приймають рівним $t_{до}/5$. Порівнянням *БПК* і *ХПК* проб визначають додаткові забруднення від мулової води, бажано за рівного вмісту завислих речовин. Якщо вміст суспензії різко відрізняється, слід визначати *БПК* і *ХПК* в фільтрованих пробах.

12.6.4. Зневоднення і сушка осадів

Ущільнення осадів первинних відстійників і надлишкового активного мулу носить різний характер і залежить від технології подальшої обробки суміші. Тривале ущільнення істотно змінює властивості осадів: змінюється ζ-потенціал частинок (збільшується за абсолютним значенням), погіршується водовіддача, відбувається подрібнення агрегатів, розвивається кисле бродіння, внаслідок чого осад насичується бульбашками газу і набуває плавучість. Такі явища сприяють процесу бродіння осаду в метантенках. Короткострокове ущільнення сприяє збереженню первинної структури осаду і збереженню кращої водовіддачі, у зв'язку з чим цей процес застосовується при зневодненні сирого осаду та надлишкового активного мулу, а також у разі знешкодження осаду аеробною мінералізацією. Збереженню і підвищенню позитивних властивостей твердої фази сприяє флотаційне ущільнення надлишкового активного мулу та суміші його з осадом первинних відстійників.

Короткострокове гравітаційне ущільнення розбавлених осадів первинних відстійників (концентрація 5...6 г/л, вологість 99,5...99,4%) у суміші з надлишковим активним мулом з вторинних відстійників (концентрація 4...6 г/л, вологість 99,6...99,4%) здійснюється впродовж 5...7 годин Вологість ущільненого осаду коливається в межах 94...95%. Перемішування осадів у період ущільнення мішалками з діаметром робочої частини 40....60 мм і з окружною швидкістю не більше 0,1 м/с дає можливість видалити з осаду включення (лінзи) вільної води і газів. Надлишковий активний мул заповнює поровий простір осаду первинних відстійників, внаслідок чого загальний об'єм ущільненої маси на 20...30% менше, ніж при роздільному ущільненні. У зливний воді ущільнювачів значення *БПК*, концентрації завислих речовин і біогенних елементів не вище, ніж у стічних водах. Основну увагу слід приділяти своєчасному вивантаженню осаду з ущільнювачів, не допускаючи тривалого перебування в анаеробних умовах і загнивання.

Добавка коагулянтів і флокулянтів підвищує якість зливної води, знижує питомий опір осаду фільтрації [1]. Зазвичай застосовують дробову подачу коагулянтів і флокулянтів, додаючи 50% від потрібної дози у вузлі ущільнення і решта 50% безпосередньо перед зневодненням (співвідношення встановлюється експериментально).

Тривале гравітаційне ущільнення надлишкового активного мулу здійснюється 9...12 годин в радіальних і вертикальних мулоущільнювачах. Менш тривале ущільнення, що наближається за своїми параметрами до короткострокового, проводять впродовж 5...8 годин для мулової суміші, виділеної безпосередньо з аеротенків, минаючи вторинні відстійники.

Ущільнений мул має вологість 98% у вертикальних ущільнювачах і 97,3% в радіальних, що пов'язано з умовами перемішування та вивантаження ущільненого продукту. У вертикальних ущільнювачах при відсутності перемішування ущільнений мул повільно сповзає в приямок в силу значного тертя у районі днища, при цьому часто утворюється вихрова воронка, через яку відбувається підсмоктування води і розбавленого осаду. Більш низька

вологість ущільненого мулу (97%) досягається при направленні в ущільнювач мулової суміші із зони відстоювання аеротенків-відстійників (концентрація 4...6 г/л), що обумовлено хорошим станом мулу при постійних аеробних умовах, створюваних у завислих шарах аеротенків-відстійників.

Зливна вода ущільнювачів містить до 100 мг/л завислих речовин, має *БПК* $\approx(2...3)\times L_t$, підвищений фон мінерального фосфору (від 20 до 50 мг/л). Виділення фосфатів носить стійкий характер, і на цьому явищі базується ряд способів видалення фосфору з надлишкового активного мулу.

Активний мул з аеротенків,які працюють в режимі розвиненої нітрифікації, в анаеробних умовах інтенсивно сприяє вилученню хімічно пов'язаного кисню (денітрифікації), внаслідок чого виділяється вільний азот і відбувається насичення мулу бульбашками газу. Денітрифікуючий мул в теплу пору року спливає на поверхню води, порушуючи процеси ущільнення і забруднюючи зливну воду. У цих умовах застосовують видалення зливної води із середньої частини ущільнювачів.

Флотаційне ущільнення не продукує біогенні елементи, сприяє зниженню *БПК* зливної води (до значень *БПК* очищеної в аеротенках води), збільшенню кількості нітритів і нітратів при зниженні концентрації амонійного азоту. Вологість ущільненого мулу 95...97%.

Підготовку осадів для зневоднення проводять з метою збільшення віддачі вологи коагуляцією, флокуляцією, реагентно-теповою і тепловою обробкою.

Коагуляція. Зазвичай частки осадів міських стічних вод мають негативний заряд, ζ - потенціал їх зростає за абсолютним значенням при тривалому зберіганні і ущільненні. Ізоелектрична точка органічних осадів знаходиться в області $pH = 4...5$.

Введення коагулянтів $FeCl_3$, $AICl_3$, $FeSO_4$ сприяє зрушенню pH в кислу область і нейтралізації ζ - потенціалу. Цього можна досягти також шляхом введення кислоти і коагулянту або введенням однієї кислоти. Білкові системи в осаді мимовільно коагулюють при $pH = 4...5$. Дуже складно передбачити заздалегідь умови коагуляції і дозування реагентів. Умови встановлюються експериментально на лабораторному стенді.

Визначаючи швидкість ущільнення або зміну питомого опору осаду фільтрації, знаходять оптимальні дози реагентів та умови пластівцеутворення.

Зброджування осадів у метантенках підвищує pH мулової води до 8...8,5 за рахунок гідратної і карбонатної лужності, відсуваючи систему від ізоелектричної точки. Зброджені осади промивають технічною (очищеною) водою, видаляючи надлишок лужності і дрібнодисперсні частинки, що володіють високим зарядом. Промивання знижує витрати реагентів, але справляє негативний вплив на очищення стічних вод, збільшуючи додаткові забруднення за *БПК* і завислими речовинами; тим самим ініціюється підвищений приріст мулу. Високий вміст амонійного азоту (600...800 мг/л) в мулові води також збільшує вміст азоту в стоках, причому досить суттєво (на 6...8 мг/л при звичайній його концентрації 25...30 мг/л).

Усереднені дози хлорного заліза складають 1,5...3% для сирого осаду первинних відстійників і 3...4% для зброджeного, 6...9% для надлишкового

ущільненого активного мулу і 3...5% для сирої суміші. Коагуляція неущільнених продуктів знижує витрати реагентів. Зброджена і промита суміш осадів вимагає добавки 4...6% хлорного заліза за сухою речовиною осаду.

Зміцнення пластівців коагулянту і підвищення водовіддачі осадів спостерігається при введенні вапна. Частинки вапна утворюють механічну структуру осаду, пластичність його знижується, краще проходить фільтрація і віджимання води пресуванням. Усереднені дози вапна приймають рівними 6...10 і 17.. 25% відповідно для сирих осадів первинних відстійників і надлишкового мулу, 9...13% для сирої і 12...20% для зброджеої промитої суміші осадів. Визначення дози коагулянту *D* (%) можна здійснити за виразом [1]:

$$D = K(\sqrt{R} + 0{,}032\sqrt{WL/C}), \qquad (12.9)$$

де R - питомий опір, см/г: R = r×10^{-10}; W - вологість осаду,%; C - концентрація сухої речовини в осаді,%; L - лужність вихідного осаду, мг/л.

Коефіцієнт *K* відображає властивості коагулянту і осаду при їх взаємодії. У разі використання одного коагулянту хлорного заліза для сирих та зброджених осадів *K*=0,25. У поєднанні коагулянту з вапном значення *K*=0,25 для зброджених осадів і *K*=0,30 для сирих, включаючи надлишковий активний мул.

Сірчанокислий алюміній поступається хлорному залізу в інтенсивності зниження питомого опору і зумовлює формування кеку підвищеної вологості.

Флокулянти можна подавати 50% на стадії ущільнення і 50% на зневодненні або повністю на стадії підготовки до зневоднення [1].

Реагентно-теплова обробка. Відносно швидке й істотне зниження питомого опору фільтрації сирих осадів досягається при зниженні *pH* до ізоелектричної точки і зміцненні пластівців осаду тепловою обробкою. Надмірне введення кислоти призводить до перезарядки частинок і погіршення віддачі вологи. Більш раціонально вести процес з меншими дозами кислоти, не досягаючи ізоелектричної точки, а формування і зміцнення пластівців проводити добавкою коагулянтів і тепловою обробкою. Можливий варіант обробки сирих осадів включає добавку кислоти для зниження *pH* до 4,5...5 з одночасним введенням хлорного заліза або залізного купоросу, нагрівання осаду впродовж 2...3 хв до температури 65...80°C. За рахунок теплової обробки *pH* суміші підвищується в середньому на одиницю. Нейтралізацію осаду ведуть добавкою вапна (при вакуум-фільтруванні), частиною мулової води або зброджeнної суміші після метантенків (при центрифугуванні та прес-фільтруванні). Для нагрівання осаду використовують різноманітні теплообмінники, пароежекційні установки. Отриманий кек має рихлу структуру, його загальний об'єм скорочується на 30% за рахунок зниження вологості (у порівнянні з реагентною обробкою). Теплова обробка гарантує знезараження і дегельмінтизацію кеку і мулової води.

Реагентно-теплова обробка зброджeної суміші вимагає підвищеної витрати кислоти на нейтралізацію гідратної-карбонатної лужності. У цьому випадку застосовують заходи з зниження лужності шляхом промивання осаду очищеною водою або технологію мінералізації осадів, наприклад, шляхом одночасного зброджування і аеробної стабілізації різних потоків. Можливі й інші варіанти ліквідації шкідливого впливу аеробного скидання на вологовіддачу осадів, засновані на використанні відходів промисловості.

Теплова обробка. Загальновідома схема теплової обробки осаду при температурі 190...210°С вимагає великих витрат енергії, продукує значну кількість вторинних розчинених забруднень в муловій воді. Більшу гнучкість мають схеми двоступінчастого підігріву з проміжним відділенням мулової води.

Зневоднення осадів на вакуум-фільтрах. Продуктивність фільтрів встановлюється за сухою речовиною осаду, без урахування кількості речовини що додається з коагулянтами і вапном. Формування шару осаду на поверхні фільтрувальної тканини залежить від властивостей зневоднюваної маси, величини вакууму і швидкості обертання фільтру.

Властивості осадів досить повно описуються показником питомого опору фільтруванню. Шляхом підбору дози коагулянтів та вапна знижують питомий опір до $(50...60)10^{10}$ см/г, що вважається мінімально достатнім для роботи. Низький опір осаду покращує процес зневоднення, але при цьому зазвичай різко збільшується витрата реагентів і енергії.

Оптимальні умови пластівцеутворення встановлюють експериментально і періодично перевіряють.

Підтримання необхідної величини вакууму в секціях фільтра залежить від ретельності укладання фільтрувального полотна на барабан. Інтенсивність віддування тканини і кеку від барабана фільтра пов'язана з властивостями кеку і розташуванням ножа.

Забивання пор тканини та підвищення її опору фільтрації вимагають щоденної промивки чистою водою. Фільтри зі східним полотном мають систему безперервної регенерації тканини. Зчеплення частинок осаду з тканиною в порах зумовлено структурою гідроокисного скелета і властивостей вапна, у зв'язку з чим розчинення структури кислотою (з інгібітором корозії) позитивно впливає на відмивання фільтрувальної тканини. Частоту кислотної обробки тканини встановлюють експериментально, в середньому режим відмивання становить 1 раз в 3...4 доби.

Продуктивність фільтрів оцінюється за сухою речовиною осаду, тому важливий ретельний облік об'єму, вологості та зольності осаду. Продуктивність вакуум-фільтра може бути визначена за формулою (кг/м^2×год):

$$L = \frac{0{,}24(100 - W_k)}{W_o - W_k} \sqrt{\frac{mP\rho(100 - W_o)}{\eta_o MR}}, \qquad (12.10)$$

де W_o, $W_к$ - вологість осаду і кеку,%; т - час дії вакууму,% від загальної тривалості фільтроцикла; М - час одного оберту барабана, хв; Р - величина вакууму, мм рт. ст.; ρ - густина осаду, т/м^3; η_o - в'язкість фільтрату, сПз; R - питомий опір осаду фільтрації, см/м.

Інтенсифікація роботи вакуум-фільтрів пов'язана головним чином з умовами роботи попередніх вузлів (стабілізації осадів і їх кондиціювання). В якості заходів, що знижують питомий опір фільтрації, можна рекомендувати відмову від зброджування частини осадів, ущільнення збродженної суміші з видаленням або аеробною стабілізацією мулової води, кислотну обробку (зниження *pH*) зброджених осадів з метою зниження ζ - потенціалу.

Зневоднення осадів на центрифугах. Надійність роботи центрифуг і підвищення терміну їх служби багато в чому залежить від виділення з зневодненого осаду великих і абразивних включень. Знос шнеків протиточних центрифуг менш інтенсивний, ніж у прямоточних, тому вони використовуються переважно при безреагентному центрифугуванні, при якому потрібно більш високий фактор розділення.

Основними технологічними показниками, що характеризують роботу центрифуг, є ефект η затримання сухої речовини, концентрація кеку $C_к$ і об'ємна продуктивність Q. Для оцінки роботи вимірюються витрата оброблюваних осадів Q, концентрація (або вологість) осаду C_o, кеку $C_к$ і фугату $C_ф$, витрата флокулянта, витрати електроенергії. Фактичне значення η обчислюється за даними вимірів (розмірність частки одиниці):

$$\eta = \frac{C_k(C_o - C_ф)}{C_o(C_k - C_ф)}. \qquad (12.11)$$

Кількість фугату $Q_ф$ і кеку $Q_к$ зручно обчислювати за формулами:

$$Q_ф = Q\left(1 - \frac{\eta\, C_o}{C_k}\right), \qquad (12.12)$$

$$Q_k = Q\frac{\eta\, C_o}{C_k}. \qquad (12.13)$$

У разі зносу шнека η знижується, і забрудненість фугату, що повертається на очищення в голову споруд, зростає. Додаткова витрата фугату $Q_{екв}$ еквівалентна забрудненості стічних вод, може бути визначена за формулою

$$Q_{екв} = \frac{QC_o(\eta_н - \eta)}{C_{ст}}, \qquad (12.14)$$

де $\eta_н$ - ефект затримання сухої речовини центрифугою з нормальним, незношеним шнеком.

Безреагентне зневоднення на протиточних центрифугах (зі звичайним шнеком) суміші сирих або зброджених осадів дозволяє затримувати 20...40%

твердих домішок при вологості кеку 65...80%. Високий ступінь забрудненості фугату вимагає додаткової його обробки.

Добавлення до осадів флокулянтів дозволяє підвищити ефект затримання сухої речовини до 93...98%, що усуває необхідність очищення фугату; потрібні дози флокулянтів $D_{фл}$ при цьому складають 2...5 кг/т маси сухої речовини. У середньому дози флокулянтів на підготовку до центрифугування зброджених осадів трохи вище, ніж для сирих осадів. Ефективність роботи центрифуг навіть при обробці одного і того ж типу осаду може істотно відрізнятися залежно від складу стічних вод, прийнятої технологічної схеми, режиму роботи споруд, типу флокулянта, умов його змішування з осадом, конструкції та режиму роботи центрифуг.

Термічна сушка осадів. Оптимальні умови процесу сушіння осадів істотно залежать від характеру зв'язку води з твердою фазою в механічно зневодненому осаді. Для ідентифікації властивостей механічно зневоднених осадів визначають у лабораторних умовах кінетику сушіння і знаходять точки перегину кривих сушіння, що відповідають різним формам зв'язку води в осаді. Одночасно проводять перевірку відповідності умов роботи вузла механічного зневоднення (дозування реагентів, перепаду тиску, вологості кеку) параметрам сушки. Змінюючи склад осаду і прийоми оперативного коригування властивостей підсушуваного продукту (шляхом добавки сухого матеріалу – ретуру), знаходять умови сушіння, що відповідають вимогам до кінцевого продукту і мінімальним затратам енергії.

Барабанні сушарки характеризуються низькою продуктивністю і відносною простотою експлуатацією. Коливання температури газів на вході в сушарку не призводять до будь-яких несприятливих впливів, тому в сталих умовах зміна температури від 700 до 900°С впливає лише на продуктивність сушарки. Температура газів на виході пов'язана з необхідною вологістю сухого продукту, 200...250°С при вологості сухого осаду 30...25% і 150...180°С при вологості 50…40%. Пересушування осаду до вологості нижче 15...20% призводить до підгоряння його, зайвого виходу неприємних газів, підвищення небезпеки спалаху пилоподібних продуктів.

Достатньо економічними режимами вважаються ті, в яких досягається розрахункове навантаження (55...60 кг) випаровуваної води на 1 м^3 об'єму сушарки (при вологості кінцевого продукту 20...25%). Якщо за умовами утилізації допускається висока вологість підсушеного осаду (45...50%), то продуктивність сушарки може бути істотно збільшена, але за умови більш інтенсивного перемішування та подрібнення підсушуваної маси в апараті, застосування ретуру.

Сушарки із зустрічними струменями працюють в умовах інтенсивного подрібнення і сушіння осаду у зустрічних струменях і режимі аерофонтанування. Нормальний режим сушіння передбачає підготовку осаду з метою введення його в апарат, розподіл (диспергування) осаду, сушіння в аерофонтанному режимі, відділення сухого осаду в сепараторі.

Тиск повітря пов'язаний з температурою газів і необхідним рівнем подрібнення матеріалу та умовами аерофонтанування. Узгодження параметрів

роботи цих вузлів сушарок представляє основну задачу налагоджувальних робіт. Необхідно врахувати, що підвищення вологості висушеного продукту потребує більш високих швидкостей витоків газів із сопла і аерофонтанування. При вологості вихідного осаду 75...80% і сухого продукту 25...30% осереднені параметри роботи сушарок передбачають створення швидкості витікання газів із сопла 250...300 м/с при їх температурі 750...800 °С. Температура відхідних газів 150...170 °С.

12.7. Експлуатація каналізаційних насосних і повітродувних станцій

12.7.1. Організація експлуатації насосних станцій

Економічні показники та надійність роботи систем каналізації багато в чому залежать від правильної експлуатації насосних станцій, що обслуговують ці системи.

Насосні станції, суміщені з очисними спорудами, експлуатуються відповідно до загальних правил технічної експлуатації. Особливі умови їх експлуатації повинні бути обумовлені в інструкціях, розроблених для цих споруд.

Обов'язки експлуатаційного персоналу насосної станції визначаються посадовою інструкцією. Відповідно до графіків, інструкцій і вказівок диспетчера експлуатаційний персонал повинен забезпечувати найбільш економічний і надійний режим роботи обладнання станції.

Пуск і зупинка агрегатів автоматизованої насосної станції здійснюються з диспетчерського пункту. Змінювати режими роботи автоматизованої станції дозволяється лише в аварійних випадках.

При повністю автоматизованих насосних станціях дані про роботу агрегатів реєструються записуючими приладами. Крім цього, персонал, що проводить періодичний огляд і обслуговування станції, під час своїх відвідин заносить у відомість дані про параметри працюючих агрегатів та іншого обладнання станції.

Облік роботи основного механічного та енергетичного обладнання станції повинен здійснюватися за допомогою наступних основних техніко-економічних показників:

- витрати води (стічних вод) насосної станції;
- витрати води на непродуктивні втрати і на власні потреби станції;
- витрати електроенергії, палива тощо, пов'язані з перекачуванням стічної води або на власні виробничі та побутові потреби станції (в абсолютних величинах і у відсотках до загальної їх витрати);
- тривалості роботи і простою насосів та електрообладнання, а також їх коефіцієнта використання;
- якості палива і мастильних матеріалів тощо.

Випробування для уточнення характеристик насосів в експлуатаційних умовах повинні проводитися відповідно до існуючих вимог. При цьому встановлюються:

- напірна характеристика Q - H, що визначає залежність напору H,

створюваного насосом, від його подачі Q при постійному числі обертів насоса;

– енергетичні характеристики Q - N і Q - η, що виражають залежність потужності N і коефіцієнта корисної дії η насоса від його подачі Q при n = *const*; визначення напірної і енергетичних характеристик слід проводити одночасно;

– кавітаційна характеристика Q - $\Delta h_{доп}$ (Q - $H_{доп.}^{вак}$), що визначає зв'язок між допустимим кавітаційним запасом (допустимою вакуумметричною висотою всмоктування) і подачею насоса (при n=*const*); вона встановлюється в умовах експлуатації лише в разі необхідності перевірити всмоктувальну здатність насоса і при наявності у насоса засувки, що дозволяє регулювати тиск вхідного патрубка насоса.

Перед зняттям характеристик слід попередньо виміряти діаметри трубопроводів, перевірити вертикальність положення приладів для вимірювання тиску і обчислити постійні вимірювальних приладів.

Для побудови напірної і енергетичних характеристик насоса проводять виміри показань приладів з метою визначення параметрів $Q_{оп}$, $H_{оп}$, $N_{оп}$ і $\eta_{оп}$ насоса.

Зчитування або автоматичний запис показників приладів повинні проводитися не довше 15 с. Послідовність запису приладів при всіх режимах роботи насоса повинна бути однією і тією ж.

Заміри проводяться з інтервалом по подачі не більше 8% від номінальної подачі насоса і регулюються за допомогою засувки, розташованої на зворотному трубопроводі.

Для відцентрових насосів випробування починають з нульової подачі і доводять до максимально можливої. Випробування інших типів динамічних насосів (осьових тощо), навпаки, слід починати з максимальної подачі.

В умовах експлуатації визначення параметрів насоса для встановлення його напірної і енергетичних характеристик проводиться способами, наведеними нижче.

1. Швидкість обертання агрегату вимірюється тахометром або автоматичним рахунковим пристроєм.

2. Подача насоса визначається на виході з насоса після відбору води на охолодження, промивання та змащення його елементів. Подача насоса в умовах експлуатації може вимірюватися об'ємним способом, за допомогою водозливу, електромагнітним витратоміром.

3. Для визначення напору, що створюється насосом, вимірюється тиск на вході і виході з насоса. Напір, що створюється насосом, обчислюється за формулою

$$H = z_{\text{і}} - z_{\text{в}} + \frac{P_{\text{і}} \pm P_{\text{в}}}{\rho g} + \frac{v_i^2 - v_{\text{в}}^2}{2g}, \qquad (12.15)$$

де $z_в$, $z_і$ – вертикальні позначки положення приладів при позитивному

надмірному тиску, що відповідають центру триходового крана, встановлюваного безпосередньо під вимірювальним приладом, а при розрідженні – точці приєднання вакуумметра або мановакуумметра; $P_в$ і P_i – тиск за показами приладів, під'єднаних відповідно до всмоктуючого і напірного патрубка насоса; ρ – густина води; $v_в$, v_i – швидкості руху води у відповідних патрубках насоса; знак «-» відповідає умовам з надлишковим тиском, знак «+» – розрідженню.

При випробуванні насоса на вході повинні застосовуватися прилади тиску класу точності не нижче 2,5, на виході не нижче 1,6. Прилади тиску вибираються таким чином, щоб при випробуванні насоса шкала приладу використовувалася не менш ніж на 2/3.

4. Потужність насоса в умовах експлуатації визначається за допомогою одного трифазного або двох однофазних зразкових ватметрів і встановлюється в подальшому за формулою

$$N_{\text{оп}} = \eta_{\text{дв}} N_{\text{підв.дв.}}, \tag{12.16}$$

де $N_{под.дв}$ - потужність на клемах двигуна, кВт; $\eta_{дв}$ - коефіцієнт корисної дії електродвигуна.

Величина ККД залежить від ступеня завантаження двигуна і визначається шляхом попереднього випробування останнього.

Оск5ільки в процесі випробування число обертів насосного агрегату змінюється залежно від величини завантаження електродвигуна, досліджувані значення параметрів насоса перераховуються на постійне число обертів за формулами:

$$Q = Q_{\text{дос}}\left(n/n_{\text{дос}}\right), \qquad H = H_{\text{дос}}\left(n/n_{\text{дос}}\right)^2, \qquad N = N_{\text{дос}}\left(n/n_{\text{дос}}\right)^3. \tag{12.17}$$

Значення *Q, H* і *N* використовуються для обчислення ККД насоса:

$$\eta = \frac{0{,}001\rho g Q H}{N}. \tag{12.18}$$

Перераховані за законом пропорційності параметри *Q, H* і *N*, а також η насоса використовують при побудові характеристики насоса.

12.7.2. Експлуатація повітродувних і компресорних установок

Машинні приміщення повітродувних і компресорних станцій слід розміщувати на мінімальній відстані від місця споживання стисненого повітря та електророзподільних пристроїв. Повітродувні і компресорні агрегати повинні бути змонтовані відповідно до заводської інструкції. Після цього їх випробовують, а потім здають в експлуатацію.

Трубопроводи і арматура установок, що працюють в умовах, коли температура навколишнього середовища хоча б періодично може бути

нижчою нуля, щоб уникнути замерзання в них конденсату, щороку до настання холодів повинні бути утепленими та підготовленими до роботи в зимових умовах.

Для вирівнювання подачі установки з компресорними машинами останні забезпечуються повітрозбірниками (ресиверами).

Кожна повітродувка, компресор і їхні двигуни повинні мати: паспорт і заводську інструкцію з експлуатації, робочі характеристики і повний комплект креслень їх деталей, включаючи складальні креслення. Перерахована документація за своїм змістом аналогічна документації, якою забезпечується кожен агрегат насосної станції. Все основне устаткування повітродувних і компресорних станцій повинно мати свій номер, що відповідає номеру на загальній схемі комунікацій обладнання станції.

З метою забезпечення найбільш економічних умов експлуатації обладнання станції на основі інструкції заводу-виготовлювача і проведених на місці випробовувань розробляється спеціальна інструкція з експлуатації повітродувних і компресорних агрегатів.

При розміщенні повітродувних машин в легких неопалюваних будівлях, що захищають лише від атмосферних опадів, в якості їх приводу слід застосовувати асинхронні електродвигуни трифазного струму в закритому виконанні.

Перевірка контрольно-вимірювальних приладів повинна проводитися в терміни, що встановлюються графіком відповідно до правил, передбачених інструкцією. У відповідності до змісту цих правил складається спеціальна інструкція по ремонту і догляду контрольно-вимірювальної апаратури станції.

12.8. Економічні питання експлуатації об'єктів водовідведення промислових підприємств

12.8.1. Собівартість послуг водопостачання та водовідведення

Собівартість являє собою виражені в грошовій формі витрати підприємства на виробництво і реалізацію продукції або послуг. Для планування та обліку витрат на підприємствах водопровідно-каналізаційного господарства складаються калькуляції. У них відображається собівартість як загального обсягу річної продукції або послуг підприємства, так і одиниці продукції або послуг. Калькуляційними одиницями по каналізації є 1000 $м^3$ відведеної стічної рідини.

Річні плановані витрати, що включаються до повної собівартості централізованого водопостачання та водовідведення, розраховуються на підставі витрат з операційної діяльності та фінансових витрат, пов'язаних з основною діяльністю.

До складу планованої виробничої собівартості включаються:

А. прямі матеріальні витрати:

– витрати, пов'язані з використанням електроенергії для технологічних потреб, що визначаються виходячи з об'ємів пропускання стічних вод, їх очищення, норм питомих витрат паливно-енергетичних ресурсів;

- витрати на придбання води у інших підприємств та/або очищення власних стічних вод іншими підприємствами;
- витрати на придбання реагентів для очищення і знезараження питної води та стічних вод;
- інші прямі матеріальні витрати, пов'язані з використанням сировини, основних і допоміжних матеріалів, запасних частин, придбаних комплектувальних виробів, напівфабрикатів та інших матеріальних ресурсів, необхідних для забезпечення основного технологічного процесу.

B. *прямі витрати на оплату праці* (заробітна плата та інші виплати працівникам, безпосередньо залученим до технологічного процесу централізованого водопостачання та водовідведення):

- основна заробітна плата виробничого персоналу відповідно до встановлених норм праці (норм часу, виробітку, обслуговування), тарифних ставок (окладів), відрядних розцінок для робітників та посадових окладів для керівників, фахівців, технічних службовців;
- додаткова заробітна плата за працю понад установлені норми, трудові досягнення, особливі умови праці у вигляді доплат і надбавок до тарифних ставок і окладів, премій, компенсаційних виплат тощо;
- інші заохочувальні та компенсаційні виплати виробничому персоналу (винагороди за підсумками роботи за рік, вислугу років у галузі, інші виплати, встановлені законодавством).

Планування витрат на оплату праці для включення до тарифів здійснюється в установленому порядку із забезпеченням мінімальної заробітної плати та інших гарантій з оплати праці, передбачених законодавством.

C. інші прямі витрати:

- внески на загальнообов'язкове державне соціальне страхування для виробничого персоналу;
- амортизація основних засобів, інших необоротних матеріальних і нематеріальних активів виробничого призначення;
- інші прямі витрати виробничої собівартості, до складу яких включаються всі необхідні виробничі витрати, які можуть бути безпосередньо віднесені до конкретного об'єкта витрат (відповідного виду діяльності, що підлягає ліцензуванню);

D. змінні загальновиробничі та постійні розподілені загальновиробничі витрати:

- витрати на управління виробництвом (оплата праці та відрахування на загальнообов'язкове державне соціальне страхування, оплата службових відряджень апарату управління цехами, дільницями тощо);
- амортизація основних засобів, інших необоротних матеріальних і нематеріальних активів загальновиробничого (цехового, дільничного) призначення;

– витрати на утримання, експлуатацію, ремонт, страхування, операційну оренду основних засобів та інших необоротних активів загальновиробничого призначення;
– витрати на удосконалення технології та організації виробництва;
– витрати на опалення, освітлення, дезінфекцію, дератизацію, вивезення сміття та інші заходи, пов'язані з утриманням виробничих приміщень;
– витрати на оплату послуг спеціалізованих підприємств з проведення планових перевірок стану обладнання, виконання регламентних робіт, зокрема ремонтно-налагоджувальних та інших, передбачених проектно-технічною документацією, освоєння нових потужностей, необхідних для забезпечення централізованого водопостачання та водовідведення;
– сплата податків, зборів;
– інші витрати передбачені Законом.

Змінні загальновиробничі та постійні загальновиробничі витрати розподіляються між видами діяльності пропорційно прямим витратам (рис.12.7).

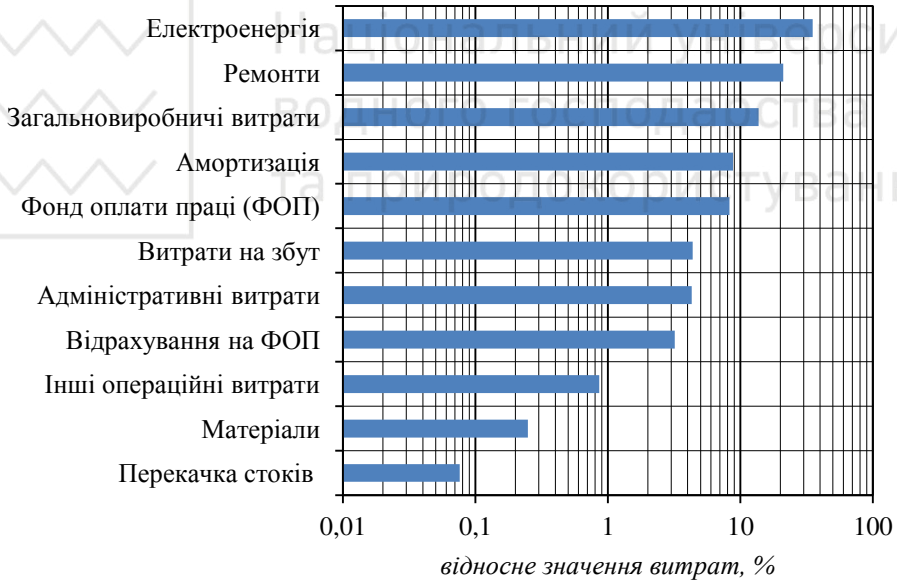


Рис. 12.7. Структура витрат на послуги водовідведення населенню по МКВП "Дніпроводоканал" за 2007 р [12]

Обсяг витрат, що включаються до виробничої собівартості, визначається із застосуванням нормативного методу на підставі результатів аналізу витрат за попередні роки з урахуванням змін, які передбачаються у плановану періоді, та цін (тарифів) у такому періоді.

До складу адміністративних витрат включаються загальногосподарські

витрати, пов'язані з обслуговуванням та управлінням підприємством.

До складу інших операційних витрат не можуть включатися:

- суми списаної безнадійної дебіторської заборгованості та нарахованого резерву сумнівних боргів;
- витрати, пов'язані з утриманням об'єктів соціальної інфраструктури;
- суми, що відраховуються професійним спілкам (їх організаціям) для проведення культурно-масової і фізкультурної роботи;
- суми визнаних штрафів, пені, неустойки;
- благодійна допомога;
- собівартість реалізованих виробничих запасів тощо.

Амортизація основних засобів – це процес перенесення авансової раніше вартості усіх видів засобів праці на вартість виготовлюваної продукції з метою її повного відшкодування (рис.12.8).

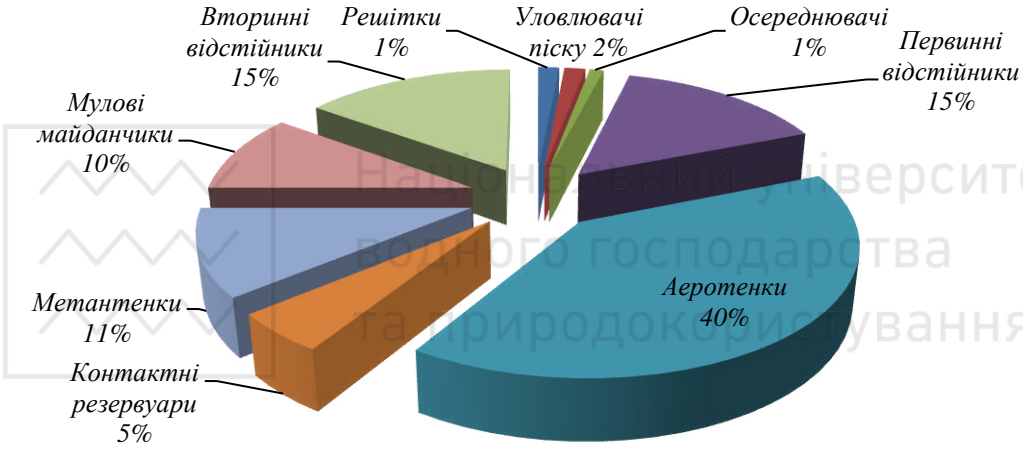


Рис. 12.7. Орієнтовна вартість окремих споруд від загальної вартості станції очищення стічних вод

Для відшкодування вартості зношеної частини основних фондів кожне підприємство справляє амортизаційні відрахування, тобто певних сум грошей відповідно до розмірів фізичного спрацювання і техніко – економічного старіння. Ці відрахування включають до собівартості продукції, реалізують при продажу товарів та послуг, а потім накопичують у спеціальному амортизаційному фонді, що слугує відновленню основних засобів.

Амортизаційні відрахування справляють за певними нормами, які характеризують щорічний розмір відрахувань у відсотках до балансової вартості основних фондів, розрахунки норм амортизаційних відрахувань на повне відновлення (реновацію) основних фондів здійснюють централізовано за формулою:

$$H_{ав} = (Ф - Л) \times 100 / A_n, \qquad (12.19)$$

де Ф – балансова (первісна чи відновна) вартість основних фондів; Л – ліквідаційна вартість основних фондів; $А_п$ – амортизаційний період (нормативний строк функціонування) основних фондів.

При встановленні норм амортизаційних відрахувань слід виходити з економічно доцільних середніх строків функціонування засобів праці, необхідності забезпечення повного відшкодування вартості основних фондів і врахування техніко – економічного їх старіння.

При цьому найбільш складним є правильне визначення тривалості амортизаційного періоду (доцільного строку використання) конкретних видів засобів праці.

Звичайно його встановлюють з урахуванням багатьох факторів, зокрема загальної фізичної довговічності і економічності капітального ремонту засобів праці, умов їх експлуатації, строків настання техніко – економічного старіння, можливих темпів оновлення, доцільності застосування методу прискореної амортизації тощо.

В міру розвитку техніки, удосконалення технології і організації виробництва змінюються тривалість та характер використання окремих видів основних фондів, виникає об'єктивна необхідність скорочення нормативних строків їх функціонування. У зв'язку з цим норми амортизаційних відрахувань періодично переглядають, уточнюють. Можливі розробка і запровадження нових норм амортизаційних відрахувань або ж лише коефіцієнтів зміни (збільшення, зменшення) діючих норм.

В промисловості та інших галузях народного господарства існує певний порядок нарахування амортизації, якого слід дотримуватись на всіх підприємствах.

Амортизації підлягають усі основні виробничі фонди, за винятком законсервованих елементів засобів праці. Амортизаційні відрахування на реновацію основних фондів повинні накопичуватися впродовж часу, достатнього для відшкодування повної їх вартості (з урахуванням ліквідаційної вартості).

12.8.2. Ефективність інновацій у системах промислового водовідведення

Інноваційна сфера є ядром структурних змін економіки, і її характеристики визначають швидкість і якість перетворень в національній економіці.

Процес оновлення техніки та технологій, як у сфері виробництва, так і в сфері управління виробництвом, за своєю суттю інтегрує всі ресурси - людські, інтелектуальні та матеріальні. Ефективність цього процесу залежить від умов, що сприяють формуванню ефективних економічних комбінацій різних видів ресурсів.

Класифікація інновацій у системах промислового водовідведення

Інновація в системах промислового водовідведення - це впровадження нових або вдосконалених рішень в техніку, організацію на рівні галузі,

території або підприємства.

Інноваціями є будь-які технічні, організаційні, економічні та управлінські зміни, відмінні від існуючої практики в масштабах галузі, територіального управління, підрядної організації. В окремому випадку поняття інновацій зводиться до впровадження нової техніки і технологій.

Як об'єкт інновацій можуть виступати:

- продукція (види, якість);
- засоби виробництва;
- технологічні процеси;
- людський фактор (розвиток особистості, рівень освіти тощо);
- організаційні зміни, реорганізація та ін.

За ступенем новизни і масштабності інновації діляться на чотири групи.

- *новинка світового масштабу:* застосування нововведення ніде не має аналогії, це перше в світі впровадження інновації[9];
- нове в масштабах країни (галузі);
- новинка в масштабах території (обмежена межами адміністративно-територіального поділу країни);
- інновація конкретного підприємства (обмежена рамками господарюючого суб'єкта).

Починаючи з другого рівня новизни нововведення носить відновлювально-адаптаційний характер, немає аналога в країні, але він існує за кордоном. Провідні, технічно розвинені країни виступають донорами інновацій для країн, що розвиваються або з якихось причин відстаючих від передових. При цьому слід мати на увазі, що відновлювально-адаптаційна інновація не дозволяє наздогнати або випередити лідера, не скорочує розриву термінів у науково-технічному прогресі (НТП), а в деяких випадках навіть уповільнює його, так як лідер за час впровадження інновації в третіх країнах встигає піти вперед.

Крім того, ринковий продаж інновацій, як правило, зачіпає техніку і технологію пройденого етапу розвитку (з певним моральним зносом) - розробник нового технічного рішення втілює свої новаторські задуми в передовому (дослідно-конструкторському) зразку, виробник серійного обладнання тиражує і реалізує вже свідомо морально застаріле рішення.

Для науково-технічної політики України в системах водопостачання і водовідведення необхідно вибрати розумне поєднання інновацій різних рівнів: продовжувати, зокрема, роботу з фундаментальних напрямків у базових галузях, стимулювати науково-технічний прогрес, і застосовувати зарубіжні, ефективні технічні рішення, в тому числі з метою використання їх у якості аналогів і моделей для власних дослідно-конструкторських робіт.

З точки зору критерію оригінальності змін виділяються інновації:

- оригінальні (креативні), що є самостійними результатами роботи

[9] Ступінь її новизни має глобальне значення для людства, дає поштовх подальшому розвитку науково-технічного прогресу, сприяє формуванню парадигми науки. Найбільш великі і важливі інновації світового масштабу спираються на відкриття та винаходи в галузі природознавства, математики, технічних прикладних наук (матеріалознавства і багатьох інших). Дані інновації мають визначальне значення для розвитку транспорту і дорожньої галузі в цілому.

окремої людини, групи або підприємства. Типовими прикладами є винаходи, а також їх перше практичне творче застосування;

– імітаційні, суть яких полягає у копіюванні та відтворенні оригінальних змін, які в певному часі та місці приносять певні вигоди. Прикладом такого роду інновації є копіювання уже використовуваного винаходу. У сучасній економіці вони є важливим напрямком прогресу.

Залежно від виду реалізації можна виділити наступні інновації:

– *втілені в матеріалі, виробі*. Наприклад, нові або модернізовані технології водовідведення промислових підприємств. Вони виходять з технічних та природничих дисциплін.
– *невтілені інновації*. Вони можуть мати вигляд нової системи організації, заходів з поліпшення в системі управління трудовим колективом і т.д. Як невтілені інновації найчастіше виступають системи менеджменту організації, нематеріальні активи.

Якщо за основу класифікації інновацій прийняти масштаби спричинених ними наслідків, то можна назвати:

– стратегічні інновації, які мають соціально-економічний характер. Вони є наслідком реалізації довгострокових заходів інноваційного характеру, що мають значення як для всього суспільства, так і для окремих підприємств;
– поточні інновації (фактичні), метою яких є поліпшення господарської діяльності на більш коротких часових відтинках. До них відносяться різного роду поточні зміни у виробах, методах виробництва та організації праці.

Основою класифікації інновацій може бути критерій принесеної суспільству користі. Відповідно до цього виділяються інновації, що призводять до:

– скорочення витрат;
– поліпшення якості виробів;
– збільшення продуктивності;
– збереження людської праці;
– охорони навколишнього середовища (екологічні інновації).

Основні положення щодо оцінки ефективності інновацій

Впровадження інновацій має забезпечувати економічний ефект (дохід), який визначається, як перевищення вартісної оцінки результатів над вартісною оцінкою сукупних витрат інвестиційних ресурсів за весь строк здійснення нововведення.

При проведенні розрахунків економічної ефективності інновацій слід дотримуватися діючих в галузі методик: порівняння альтернативних варіантів інноваційних проектів з розглядом тільки різних за варіантами елементів результатів і витрат; приведення різночасних витрат і доходів до умов їх сумірності за економічною цінністю в початковому періоді; врахування соціальних та екологічних наслідків реалізації інноваційного проекту та ін.

Стосовно до систем промислового водовідведення економічна ефективність за варіантами нововведення визначається в зіставленні з умовами, коли це нововведення відсутнє і технологія водовідведення здійснюється в традиційний спосіб.

Здійснення інновацій вимагає вкладення інвестицій. Тому оцінка ефективності інновацій тісно пов'язана з методологією економічної оцінки ефективності інвестицій і заснована на тих же методах і принципах.

Проблема оцінки результатів здійснення інновацій досить складна і багатогранна, що пояснюється різноманітністю форм їх прояву, організації, управління, фінансування.

Класифікація показників оцінки ефективності інновацій відповідно з ознаками проекту передбачає наявність наступних груп показників:

- за цільовою спрямованістю: цільові; ефективності; обмежень;
- за сферою впливу проекту: економічні; екологічні; соціальні; науково-технічні показники.

Ефективність інноваційного заходу може оцінюватися як кількісними, так і якісними характеристиками.

Критерієм ефективності проведення інноваційних заходів є показник максимальної прибутковості.

До складу витрат інноваційного проекту включаються передбачені в проекті і необхідні для його реалізації поточні і одноразові витрати всіх учасників здійснення інновації без повторного врахування одних і тих же витрат, а також без урахування витрат одних учасників до складу результатів інших учасників.

В якості показника комерційного ефекту виступає величина прибутку, що залишається в розпорядженні підприємства, яке впроваджувало інновації.

Прибуток, що залишається в розпорядженні підприємства після відрахування податків в рік t (P_t), визначається за формулою.

$$P_t = R_t - C_t - H_t, \qquad (12.20)$$

R_t - вартісні результати (доходи) від реалізації продукції (робіт, послуг) у році t; C_t - собівартість продукції (робіт, послуг) у році t; H_t - загальна сума податків та інших платежів з прибутку на рік t.

На стадії техніко-економічних досліджень можливості здійснення інновації, а також при порівняльній оцінці варіантів реалізації нововведення розрахунки економічної ефективності інновації здійснюються у базових цінах.

Під базовими розуміють ціни, що склалися в народному господарстві на певний момент часу $t_б$. Базова ціна на будь-яку продукцію або ресурс вважається незмінною протягом усього розрахункового періоду.

Оцінка майбутніх доходів і витрат при визначенні ефективності інновацій здійснюється в межах розрахункового періоду, тривалість якого залежить від наступних факторів:

- терміну служби будівель і споруд, основного технологічного

обладнання;
- тривалості спорудження та експлуатації об'єктів;
- точності техніко-економічної інформації на перспективний період;
- терміну досягнення запланованої маси або норми прибутку;
- вимог інвесторів та ін..

Тривалість розрахункового періоду при оцінці ефективності інноваційного заходу, як правило, включає час на дослідження і розробку, підготовку виробництва та будівництво необхідних об'єктів, а також тривалість застосування нововведення.

Короткострокові інновації можуть мати горизонт розрахунку 3÷5 років, середньострокові - 5÷10 років, довгострокові - 10÷15 і більше років. Не викликає сумнівів, що короткі терміни окупності вимагатимуть інтенсивної експлуатації нової техніки та обладнання з граничною ефективністю і продуктивністю.

Горизонт розрахунку може бути встановлено за прогнозованого життєвого циклу від інноваційного задуму по передбачуваному терміну ліквідації нововведення у зв'язку з моральним і фізичним зносом. Середній розрахунковий термін, навіть для короткострокових інновацій варто приймати не менше 10 - 12 років.

Розрахунок економічного ефекту інновацій проводиться з обов'язковим використанням приведення різночасних витрат і результатів до єдиного моменту часу - розрахункового року (початкового періоду).

Приведення різночасових витрат, результатів і ефектів до розрахункового року називається дисконтуванням і здійснюється з допомогою норми дисконту *E*. Норма дисконту характеризує норму прибутковості інвестованих коштів.

Приведення витрат і результатів до початкового моменту часу (розрахункового року) здійснюється шляхом множення їх на коефіцієнт приведення a_t , який для постійної норми дисконту визначається за формулою

$$a_t = (1 + E)^{-t}, \qquad (12.21)$$

де t – рік, витрати і результати якого приводяться до розрахункового року; E – норма дисконту, постійна для даного тимчасового інтервалу.

Для оцінки загальної економічної ефективності інновацій використовується система інтегральних показників, що дозволяє оцінити вигідність фінансування проекту за кінцевим результатом в межах встановленого горизонту розрахунку. По кожному інноваційному проекту визначаються чотири головні показники:
- чистий дисконтований дохід (*ЧДД*) або інтегральний ефект,
- індекс дохідності (*ІД* - прибутковості),
- внутрішня норма дохідності (*ВНД*),
- термін окупності ($T_{ок}$).

У більшості випадків основними показниками загальної економічної ефективності інновацій виступають чистий дисконтований дохід і термін

окупності інвестицій (період повернення одноразових витрат).

Чистий дисконтний дохід (*ЧДД*, в зарубіжній літературі - *NPV*), або інтегральний ефект, визначається як сума поточних ефектів за весь розрахунковий період, приведена до початкового року або як перевищення інтегральних результатів над інтегральними витратами.

Величина *ЧДД* для постійної норми дисконту обчислюється за формулою:

$$ЧДД = \sum_{t=0}^{T} (R_t - З_t) \frac{1}{(1+E)^t}, \qquad (12.22)$$

де $З_t$ – затрати, що здійснюються на t-ом кроці розрахунку, Т – горизонт розрахунку.

Якщо *ЧДД* інвестиційного проекту позитивний, то при даній нормі дисконту проект є ефективним, і чим більше *ЧДД*, тим ефективніше проект.

При невеликих величинах горизонту розрахунку (до 3-х років) або невеликих нормах дисконту (E = 0,05) дисконтування результатів і витрат можна не здійснювати. У цьому випадку замість показника «чистий дисконтований дохід» (*ЧДД*) використовується показник "чистий дохід" (*ЧД*):

На практиці часто застосовують модифіковану формулу для визначення *ЧДД*. Для цього зі складу $З_t$ виключають капітальні вкладення:

$$К = \sum_{t=0}^{T} К_t \frac{1}{(1+E)^t}, \qquad (12.23)$$

де $К_t$ – капітальні вкладення на t-ом кроці; К – сума дисконтованих капітальних вкладень.

Тоді формула *ЧДД* набуде вигляду:

$$ЧДД = \sum_{t=0}^{T} (R_t - З_t^*) \frac{1}{(1+E)^t} - К, \qquad (12.24)$$

де $З^*_t$ – затрати на t-ом кроці розрахунку за умови, що в них не входять капітальні вкладення.

Оцінка економічного результату може бути визначена на основі економічного ефекту за розрахунковий період за виразом:

$$E = \sum_{t=1}^{T_p} \frac{Д_t}{(1+E_н)^t} - \sum_{t=1}^{T_p} \frac{К_t}{(1+E_н)^t}, \qquad (12.25)$$

де $Д_t$ – дохід, отриманий від проекту в році t; $К_t$ – інвестиції в році t; $E_н$ – норма дисконту, що характеризує ступень нерівноцінності різночасових затрат і результатів; $Т_р$ – тривалість розрахункового періоду; t – номер року розрахункового періоду.

Індекс дохідності (ІД) – співвідношення суми приведених ефектів до суми

капвкладень.

$$ІД = \frac{1}{K}\sum_{t=0}^{T}(R_t - З_t^*)\frac{1}{(1+E)^t}. \qquad (12.26)$$

Індекс прибутковості тісно пов'язаний з *ЧДД* і складається з тих же складових ефективності. Крім того, якщо *ЧДД*> 0, то *ІД*> 1 і навпаки. Якщо *ІД*> 1, проект ефективний, якщо *ІД* <1 - неефективний.

Індекс прибутковості відображає корму рентабельності інвестованого в інновацію капіталу і розраховується, як правило, при виборі одного з ряду альтернативних варіантів, що мають приблизно однакові значення *ЧДД*. Кращим є варіант, що має найбільше значення *ІД*.

Внутрішня норма дохідності (*ВНД*) - норма дисконту ($E_{вн}$), за якої величина приведених ефектів рівна приведеним капіталовкладенням, тобто:

$$\sum_{t=0}^{T}\frac{R_t - З_t^*}{(1+E_{вн})^t} = \sum_{t=0}^{T}\frac{K_t}{(1+E_{вн})^t}. \qquad (12.27)$$

В випадку, коли *ВНД* рівна або більше норми доходу на капітал, що вимагає інвестор, інвестиції в такий проект виправдані. В протилежному випадку інвестиції в такий проект недоцільні.

Термін окупності ($T_{ок}$) - мінімальний часовий інтервал від початку здійснення проекту, за межами якого інтегральний ефект стає невід'ємним, тобто це період, починаючи з якого всі витрати, пов'язані з нововведеннями, покриваються сумарними результатами його реалізації.

Період окупності, таким чином, вимірює швидкість, з якою інвестиційні фонди будуть повернуті, і знову можуть вкладатися в інші проекти. Чим коротший цей період, тим вище гідність проекту. Хоча слід зауважити, що з терміном окупності і оцінкою його значення не все так однозначно, як видається на перший погляд.

Існує два способи розрахунку періоду окупності:

1 спосіб. Якщо грошові надходження по роках однакові, то формула розрахунку терміну окупності має вигляд:

$$PP = \frac{I_o}{CF_{сг}}, \qquad (12.28)$$

де PP – термін окупності інвестицій (років); I_o – початкові інвестиції; $CF_{сг}$ – середньорічна вартість грошових надходжень від реалізації інвестиційного проекту.

2 спосіб. Якщо грошові надходження нерівномірні за роками, то розрахунок виконується в кілька етапів:

– знаходять ціле число періодів, за які накопичена сума грошових надходжень стає найбільш близькою до суми інвестицій, але не перевершує її;

- знаходять непокритий залишок, як різницю між сумою інвестицій і сумою накопичених грошових надходжень;
- непокритий залишок ділиться на величину грошових надходжень наступного періоду.

Простий термін окупності є поширеним показником для визначення того, чи відшкодуються початкові інвестиції впродовж терміну економічного життєвого циклу інвестиційного проекту.

Використання терміну окупності відбувається ще й тому, що цей показник досить точно сигналізує про ступінь ризикованості проекту. Резон тут простий: керуючі вважають, що чим більший термін потрібен для повернення хоча б інвестованих сум, тим більше шансів на несприятливий розвиток ситуації. Крім того, чим коротший термін окупності, тим більші грошові надходження в перші роки реалізації інвестиційного проекту.

Поряд із зазначеними достоїнствами метод розрахунку простого терміну окупності має дуже серйозні недоліки, тому що ігнорує дві важливі обставини:

- відмінність цінності грошей у часі;
- існування грошових надходжень і після закінчення строку окупності.

Саме тому розрахунок строку окупності не рекомендується використовувати як основний метод оцінки прийнятності інвестицій. До нього доцільно звертатися тільки заради отримання додаткової інформації, що розширює уявлення про різні аспекти оцінюваного інвестиційного проекту.

Термін окупності одноразових вкладень в інновації може бути визначений графічно (рис.12.9). Залежність $ЧДД = f(T)$ є розподіл значень чистого дисконтованого доходу за роками розрахункового періоду. Точка перетину графіка з віссю абсцис (роки) відображає момент часу, після якого прибуток від реалізації інновації перекриває одноразові витрати і захід починає приносити чистий прибуток, що і є строком окупності інноваційного заходу.

Строком окупності з урахуванням дисконтування називається тривалість періоду від початкового моменту до "моменту окупності з урахуванням дисконтування".

За терміном окупності стоять параметри фізичної можливості і надійності нової техніки, машин та обладнання, якісні характеристики матеріалів, кваліфікація обслуговуючого персоналу, виробничі відносини, система управління нововведенням.

З експлуатаційного погляду споживача нове інноваційне рішення повинне бути більш:

- надійним (довговічним, безвідмовним, ремонтопридатним тощо) в експлуатації;
- зручним в обслуговуванні і ремонті, естетичним та безпечним в експлуатації;
- ергономічним (з погляду психології, фізіології та гігієни праці робітників обслуговування);
- продуктивним за одиницю часу;
- економним в споживанні електроенергії і капіталовкладень тощо.

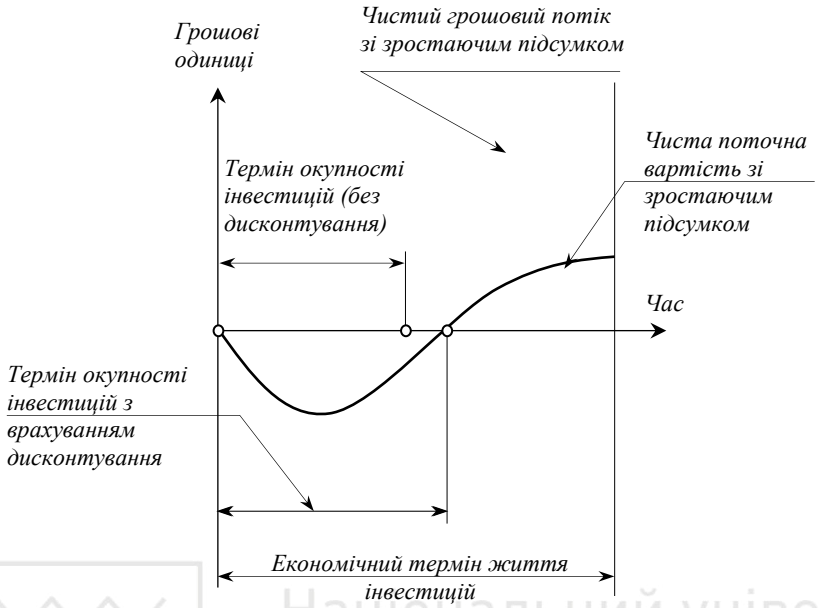


Рис. 12.9. Графічна інтерпретація терміну окупності інвестицій

Якщо експлуатаційні властивості нової техніки підвищуються порівняно з раніше освоєною (заміненою), то економічна ефективність її визначається шляхом порівняння капітальних вкладень споживача зі зниженням собівартості роботи при застосуванні нової техніки. Кращим визнається варіант із найменшою сумою приведених витрат:

$$U_i + E_н \times K_i \rightarrow мін\,, \tag{12.29}$$

U_i – річні експлуатаційні витрати підприємства споживача продукції за і-тим варіантом; K_i – капітальні вкладення підприємства споживача продукції за і-тим варіантом; $E_н$ – нормативний коефіцієнт економічної ефективності.

Після розрахунку суми приведених витрат за варіантами техніки можна визначити річний економічний ефект використання нової або вдосконаленої техніки.

Експлуатаційна технологічність нової техніки може бути визначена за допомогою декількох показників. При цьому варто розрізняти показники технологічності базового виробу і проектованого, а також визначати рівень технологічності як співвідношення показників технологічності проектованого і базового виробу.

Якщо порівнювані варіанти відрізняються один від одного лише розмірами капвкладень і поточних витрат, то найбільш ефективним буде варіант з мінімумом приведених витрат.

12.9.Еколого-економічні питання об'єктів водовідведення промислових підприємств

12.9.1. Визначення розмірів збитків від забруднення поверхневих вод

Антропогенне і техногенне навантаження на навколишнє природне середовище в Україні у кілька разів перевищує відповідні показники у розвинутих країнах світу [25].

Відповідальність юридичних і фізичних осіб настає внаслідок порушення ними встановлених умов водокористування, а саме [26,27]:

- перевищення затверджених нормативів (ГДС і лімітів) скидів забруднюючих речовин;
- порушення вимог ведення первинного обліку кількості води, що скидається у водні об'єкти;
- скидів забруднюючих речовин, не зазначених у дозволах на спецводокористування чи нормах ГДС, якщо їх концентрація перевищує ГДК (для відповідної категорії водокористування);
- надходження зворотних вод або забруднюючих речовин в поверхневі, підземні та морські води внаслідок аварії на насосних станціях, колекторах і інших спорудах і т.п.;

Збитки, заподіяні внаслідок порушення водоохоронного законодавства, підлягають компенсації у повному обсязі.

Маса скинутої забруднюючої речовини, що враховується при розрахунку збитку, визначається за формулою (12.30):

$$M_i = V\left(\overline{C}_i - C_{\partial i}\right)t10^{-6}, \qquad (12.30)$$

M_i - маса скинутої і-ої забруднюючої речовини (т); V– фактичні витрати зворотних вод ($м^3$/год); t – тривалість неузгодженого скиду (год.); $\overline{C}_i$ – середня фактична концентрація і-ої забруднюючої речовини у зворотних водах (г/$м^3$ або мг/$дм^3$); $C_{\partial i}$ – дозволена для скиду концентрація і-ої забруднюючої речовини при затвердженні ГДС (г/$м^3$ або мг/$дм^3$); 10^{-6} - коефіцієнт перерахування маси забруднюючих речовин в т.

У випадку скиду речовини, що відсутня в узгодженому переліку для скиду, а її фактична концентрація перевищує гранично допустиму концентрацію (ГДК) для відповідної категорії водокористування, $C_{\partial i}$ приймається рівним $ГДК_i$ [27]. Якщо при цьому природний вміст речовини (фонова концентрація) в поверхневих чи підземних водах перевищує її ГДК, величина $C_{\partial i}$ у формулі (12.30) прирівнюється фоновій концентрації речовини ($C_{іфон}$) у даному водному об'єкті.

Для підземних вод, незалежно від їх призначення, при розрахунку збитків використовується ГДК для вод питного та господарсько-побутового водоспоживання, за виключенням випадків, коли природний фон підземних вод перевищує відповідні величини ГДК (див. пояснення до формули (12.30) вище) .

Якщо для токсичної речовини (або речовини, для якої відсутня інформація

про її токсичність) не встановлена величина ГДК, величина $C_{\partial i}$ у формулі (12.30) прирівнюється нулю.

Для завислих речовин приймається C_∂ = $C_{фон}$. Дані про фонову концентрацію завісі можуть бути отримані в організаціях, що проводять екологічний моніторинг стану водних об'єктів, або визначаються контролюючими органами безпосередньо в момент фіксації забруднення за результатами лабораторних аналізів проб води, відібраних поза зоною забруднення. Ці роботи виконуються підрозділами інспекції або атестованими лабораторіями (за заявкою контролюючих органів). Фінансування робіт здійснюється за рахунок забруднювача.

У разі неможливості встановлення для завислих речовин $C_{фон}$, для неї приймається C_∂ = 10 г/м^3.

Якщо для певної забруднюючої речовини значення ГДК$_i$ визначено лише для однієї категорії водокористування (рибогосподарського чи господарсько-побутового), ця величина ГДК$_i$ використовується при розрахунку збитків для водойм як рибогосподарського призначення, так і господарсько-побутового та питного водокористування.

Речовини, концентрація яких у зворотних водах не перевищує дозволеної величини, а також ті, що відсутні в переліку дозволених до скиду, але їх концентрація менша ГДК, не враховуються при визначенні збитку від забруднення вод.

Об'єм скиду та концентрації забруднюючих речовин у зворотних водах визначаються на підставі даних лабораторних досліджень та перевірок журналів обліку водоспоживання, водовідведення, роботи каналізаційних насосних станцій тощо з урахуванням дозволів на спецводокористування та затверджених норм ГДС. Визначені при цьому показники включаються в розрахункові формули.

Середня фактична концентрація забруднюючої речовини в зворотних водах за період порушення водного законодавства ($\overline{C}$, г/м^3 або мг/дм^3) визначається як середньоарифметичне значення, тобто:

$$\overline{C} = \frac{\sum_{j=1}^{n} C_j}{n}, \qquad (12.31)$$

де C_j – концентрація забруднюючої речовини у j – тій відібраній пробі (г/м^3 або мг/дм^3); n – кількість відібраних проб.

З моменту встановлення факту скиду до повного його припинення проби відбираються, як правило, не менше 3-х разів. Допускається одноразовий відбір проб при короткочасному (не більше 36 годин) періоді скиду або за інших обґрунтованих обставин, які не дозволили здійснити триразовий відбір проб. Необхідність повторного відбору проб і періодичність їх відбору визначається з урахуванням конкретних обставин (наприклад: сумнівно високі або низькі показники забруднення, наявність інформації про порушення умов відбору тощо).

При заздалегідь відомому складі зворотних вод (наприклад, господарсько-побутових вод річкових плавзасобів, стічні води каналізації населеного пункту) дозволяється, як виняток, використання наявних даних про їх склад.

У разі несанкціонованого скиду у водні об'єкти неочищених господарсько-побутових та нафтопромислових вод з накопичувальних ємностей об'єктів, що розташовані у прибережній зоні, і неможливості визначення складу скинутих зворотних вод та їх об'єму, приймається, що об'єм скинутих зворотних вод дорівнює об'єму накопичувальної ємності, а забрудненість неочищених господарсько-побутових вод характеризується такими показниками: $БПК_{повне}$ = 350 мгO_2/дм^3; *ХПК* = 600 мгO_2/дм^3 і вміст твердих завислих речовин – 350 мг/дм^3.

12.9.2 Розрахунок розмірів збитків від забруднення поверхневих і морських вод скидами зворотних вод

Збитки від забруднення поверхневих вод санкціонованими скидами зворотних вод при порушенні регламенту скиду розраховують за формулою:

$$З = k_{інф} \times К_{кат} \times К_Р \times \sum_{i=1}^{m} (M_i \times \gamma_i \times К_{ні} \times К_{Oi}), \qquad (12.32)$$

де $k_{інф}$ – коефіцієнт інфляції на дату (рік) розрахунку збитків[10]*; $К_{кат}$ – коефіцієнт, що враховує категорію водного об'єкту (табл.12.2); $К_Р$ – регіональний коефіцієнт дефіцитності водних ресурсів (табл.12.1); m – кількість забруднюючих речовин у зворотних водах; M_i – наднормативна маса скинутої і-ї забруднюючої речовини (т) – розраховується за формулою (12.30); $К_{ні}$, – коефіцієнт, що враховує зменшення питомих витрат на ліквідацію забруднення із зростанням масштабу забруднення*[11] *(рис.12.10); $К_{Oi}$ – коефіцієнт, що враховує фактичний ступінь забрудненості водного об'єкта і-ої речовиною, або ступінь ураженості водного об'єкту, який залежить як від інтенсивності забруднення, так і від властивостей водойми (її асимілюючої спроможності).*

Залежно від ступеня перевищення рівня забрудненості водного об'єкту у контрольному створі відносно норм якості води (відповідно до категорії

[10] У зв'язку зі зміною рівня цін в державі, у тому числі й на заходи за різними напрямками природоохоронної діяльності, питомі економічні збитки від забруднення водних об'єктів (γ_i), що визначені відповідно до цін на 2007 рік, щорічно будуть змінюватися. Ці зміни враховуються введенням в розрахункові формули для визначення збитків коефіцієнта інфляції, який встановлюється Законом про державний бюджет. Так, якщо Законом про державний бюджет на 2008 рік встановлена інфляція 12%, то на 2008 рік коефіцієнт $k_{інф}$ у формулі (12.37) дорівнює 1,12. Якщо на 2009 рік буде встановлена інфляція 8%, то величина $k_{інф}$ у формулі (12.37) складатиме (1,12×1,08) і т.д.

[11] Регулюючий вплив коефіцієнта $К_{ні}$, полягає в тому, що із збільшенням маси скинутої забруднюючої речовини зростання розміру збитку уповільнюється (але не зменшується!) за рахунок зменшення питомих витрат на ліквідацію наслідків збитку. Наприклад: у ставок із зливовими водами з території хімскладу занесено 1 кг ДДТ (або 50 кг ДДТ). В обох випадках необхідно спустити воду, знищити усю рибу, промити ставок, провести зариблення. Тобто основні витрати, пов'язані з ліквідацією наслідків забруднення, можуть навіть не змінитися, але аж ніяк не збільшаться прямо пропорційно в 50 раз. Такі приклади можна навести стосовно будь-якого забруднення.

Національний університет водного господарства та природокористування

водокористування або спеціально встановлених), коефіцієнт K_{Oi} приймається рівним:

1 – при концентрації ЗР від 1 до 10 ГДК;

2 – при концентрації ЗР від 10,1 до 50 ГДК включно;

5 – при концентрації ЗР > 50 ГДК.

γ_i – питомий, економічний збиток забруднення *і*-ою забруднюючою речовиною (грн./т) – визначається за формулою:

$$\gamma_i = \gamma \times A_i \ , \qquad (12.33)$$

де γ = 1600 грн./(т умовн. ЗР). - питомий економічний збиток держави від забруднення водних ресурсів, віднесений до 1 тонни умовної забруднюючої речовини (табл.12.3); A_i =1/$C_{ГДК\ i}$ – безрозмірний коефіцієнт відносної небезпечності і-ї речовини; $C_{ГДК\ i}$ – безрозмірна величина чисельно рівна ГДК $_i$.

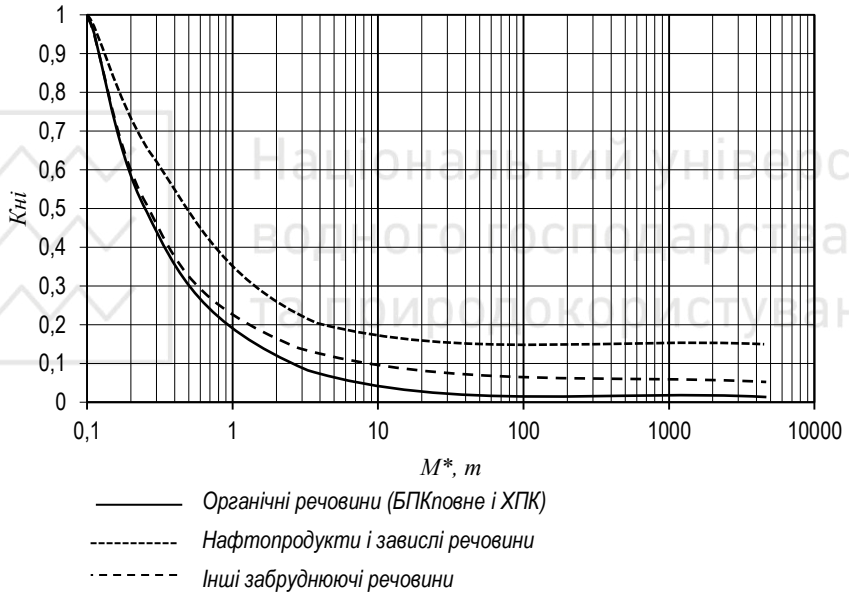


Рис. 12.10. Залежність коефіцієнту $K_{ні}$ маси (M^*) забруднюючої речовини, скинутої у водний об'єкт (т)

Збитки, пов'язані із самовільними та аварійними скидами зворотних вод у поверхневі водні об'єкти (крім скидів із водних транспортних засобів) визначаються за формулою (12.34)[12]:

[12]Коефіцієнт 1,5 у формулах (12.34, 12.36, 12.37) враховує збільшення шкоди водній екосистемі при самовільному скиді, яке обґрунтовується тим, що дозволені скиди розраховуються з урахуванням асимілюючої спроможності водного об'єкта, а будь-який самовільний скид розглядається як такий, що спричиняє перевищення асиміляційної спроможності водного об'єкта, а отже й завдає більшої шкоди водній екосистемі.

$$З_а = 1{,}5 \times k_{інф} \times К_{кат} \times К_Р \times \sum_{i=1}^{m} (M_i \times \gamma_i \times К_{ні} \times К_{Oi}), \qquad (12.34)$$

де M_i – маса скинутої і-ї забруднюючої речовини (т) розраховується за формулою (12.30) [26];

Таблиця 12.1

Регіональний коефіцієнт дефіцитності водних ресурсів поверхневих вод ($К_Р$)

Області	$К_Р$	Області	$К_Р$
Закарпатська	1,00	Полтавська	1,15
Івано-Франківська	1,05	Вінницька	1,17
Чернівецька	1,06	Черкаська	1,17
Тернопільська	1,07	Луганська	1,18
Волинська	1,10	Харківська	1,19
Житомирська	1,10	Миколаївська	1,20
Львівська	1,10	Київська	1,21
Сумська	1,10	АР Крим	1,24
Хмельницька	1,11	Одеська	1,26
Рівненська	1,11	Донецька	1,26
Чернігівська	1,11	Дніпропетровська	1,28
Кіровоградська	1,13	Запорізька	1,28
		Херсонська	1,30

Таблиця 12.2

Значення коефіцієнту, що враховує категорію водного об'єкта ($К_{кат}$)[*)]

Категорія водного об'єкта	$К_{кат}$	Категорія водного об'єкта	$К_{кат}$
Поверхневі водні об'єкти		Поверхневі водні об'єкти	
– господарсько-побутового використання	1,0	рибогосподарського	
– питного водокористування	1,4	використання	
Підземні води		– II категорії	1,6
– промислові	3,0	– I категорії	2,0
– питні	5,0	– вищої	2,5

[*)] у разі скиду у водний об'єкт у межах населеного пункту коефіцієнт збільшується в 1,2 раз;
.у випадку, якщо водний об'єкт або його ділянка у місці забруднення можуть бути віднесені до різних категорій, при розрахунку збитку використовується найбільший із можливих коефіцієнтів $К_{кат}$.

Позначення інших показників аналогічні тим, що використані формулі (12.32).

У випадку надходження зворотних вод з берегових об'єктів у море збитки від наднормативних скидів забруднюючих речовин розраховують за формулою:

$$З = k_{інф} \times К_Ц \times К_Я \times К_Б \times К_Д \times \sum_{i=1}^{m} (M_i \times \gamma_i \times К_{ні} \times К_{Oi}), \qquad (12.35)$$

де $К_Ц$ – коефіцієнт, що враховує цінність морської акваторії; $К_Я$ – коефіцієнт, що враховує якісну різнорідність морських вод по районах; $К_Б$ – коефіцієнт, що враховує зміну батиметричних умов (що змінюються в міру віддалення від берега) та уразливість морського середовища щодо забруднення залежно від цих умов; $К_Д$ – коефіцієнт, що враховує вплив гідродинамічного фактору на розповсюдження плями забруднення.

Позначення інших показників аналогічні використаним у формулі (12.32).

У разі несанкціонованих та аварійних скидів зворотних вод у море, збитки, розраховані за формулою (12.35) перемножуються на коефіцієнт 1,5.

12.9.3. Збитки від забруднення поверхневих вод скидами забруднюючих речовин продукції та сировини

Збитки у разі аварійних та несанкціонованих скидів забруднюючих речовин продукції та сировини у поверхневі води розраховуються за формулою:

$$З_{тр.\ зв} = 1,5 \times k_{інф} \times К_{кат} \times К_Р \times М \times \gamma_i \times К_{ні}, \qquad (12.36)$$

де М — маса скинутої забруднюючої речовини продукції або сировини (т).

Позначення інших показників аналогічні використаним у формулах (12.32) і (12.34).

Збитки у разі аварійних та несанкціонованих скидів забруднюючих речовин продукції та сировини у морські води з берегових об'єктів розраховуються за формулою:

$$З_{тр.\ зв} = 1,5 \times k_{інф} \times К_ц \times К_Я \times К_Б \times К_Д \times М \times \gamma_i \times К_{ні},. \qquad (12.37)$$

Позначення показників надані у попередніх формулах [26].

Якщо відома маса зібраних забруднюючих речовин при ліквідації наслідків аварійного забруднення (наприклад, нафти під час ліквідації розливу), то $М$ – загальна маса забруднення, що надійшло у водний об'єкт, визначається підсумовуванням маси зібраних речовин та речовин, що залишилися у водному об'єкті після проведення робіт з ліквідації аварії.

Маса нафти і нафтопродуктів (далі – нафта), що потрапила у водний об'єкт може бути визначена:

1) за фактичними даними об'єму розлитої нафти;
2) за результатами оцінки кількості нафти у водному об'єкті:
   - за результатами інструментальних вимірів нафти в поверхневій плівці, емульгованої і розчиненої у воді;
   - на основі візуальних спостережень за зовнішніми ознаками нафтової плівки шляхом експертних оцінок.

Оцінка маси нафти інструментальними методами можлива лише при наявності у вимірювальних лабораторіях відповідних атестованих методик та засобів вимірювання. У випадку якщо визначення маси розлитої на водній

поверхні нафти визначається кількома способами, що дають різні результати, у розрахунок включається більша величина.

Таблиця 12.3

Питомий економічний збиток (γ_i) для основних забруднюючих речовин, що скидаються зі стічними водами, та речовин, для яких встановлені групові значення γ_i

N п/п	Забруднююча речовина	γ_i, грн./ т для водних об'єктів:		
		питного (госп.-побутов.) водозабезпеч.	рибогосподарського використання	
			поверхневі	морські
1.	Органічні речовини (за показником $БПК_{повн}$)*)	533 (267)	533	533
2.	Органічні речовини (за показником *ХПК*)	107 (53)	107	107
3.	Завислі речовини	160 (160)	160	160
4.	Нафта, нафтопродукти	16000 (16000)	32000	32000
5.	Амоній-іон	1600 (1600)	3200	552
6.	Нітрит-іон	485 (485)	20000	20000
7.	Нітрат-іон	36 (36)	40	40
8.	ГДК < 0,001 мг/ дм^3, у т.ч. *"відсутність"*	1600000 (1600000)	1600000	1600000
9.	Речовини, для яких не встановлені ГДК	160000 (160000)	160000	160000
10.	Не встановлені речовини	160000 (160000)	160000	160000

*) для перерахунку $БПК_5$ в $БПК_{повн}$ і навпаки використовується формула: $М_{БПК} = М_{БПК5} \times 1,33$;

Маса нафти, що потрапила у водний об'єкт, може бути визначена за балансом між початковою кількістю нафти, що знаходилася у ємності і кількістю нафти, що у ній залишилася після виливу. Кількість нафти у ємності визначається за даними документів про заповнення ємності або будь-яких інших даних. Розрахунок проводиться за виразом (12.38):

$$M_н = M_{поч} - M_{зал}, \qquad (12.38)$$

де $M_н$ – маса нафти, що надійшла у водний об'єкт (т); $M_{поч}$ – початкова маса нафти, що перебувала в ємності (т); $M_{зал}$ – маса нафти, що залишилася в ємності після виливу (т).

У випадку розливу нафти під час вантажно-розвантажувальних робіт, коли кількість нафти, що перекачується, фіксується приладами, маса скинутої нафти встановлюється за показаннями вимірювальних приладів про кількість перекачаної нафти і фактичній наявності нафти у відповідних ємностях або розраховується, виходячи з продуктивності перекачувального механізму і часу виливу.

Умови зменшення відшкодування збитків. У випадку вжиття винуватцем забруднення водного об'єкту заходів з вилучення забруднюючої речовини з водного об'єкту сума збитку зменшується залежно від кількості зібраної забруднюючої речовини (з урахуванням початку робіт з ліквідації забруднення, тобто, збирання забруднюючої речовини). Це правило стосується речовин, до яких реально можуть бути застосовані відповідні заходи щодо їх локалізації на водній поверхні і вилучення з водного об'єкту (наприклад, нафта) [26].

Таблиця 12.4

Питома маса нафти на 1м^2 водної поверхні при різному зовнішньому вигляді нафтової плівки ($М_{ПМП}$)

Зовнішні ознаки нафтової плівки	Маса нафти на 1 м^2 водної поверхні, г
1. Чиста водна поверхня без ознак опалесценції (відсутність ознак кольоровості при різних умовах освітлення)	0
2. Відсутність плівки і плям, окремі райдужні смуги, що спостерігаються при найбільш сприятливих умовах висвітлення і спокійному стані водної поверхні	0,1
3. Окремі плями і сірі плівки сріблистого нальоту на поверхні води, що спостерігаються при спокійному стані водної поверхні, поява перших ознак кольоровості	0,2
4. Плями і плівки з яскравими кольоровими смугами, що спостерігаються при слабких хвилях	0,4
5. Нафта у вигляді плям і плівки, що покриває значні ділянки поверхні води, що не розриваються хвилями, з переходом кольоровості до тьмяної мутно-коричневої	1,2
6. Поверхня води покрита суцільним шаром нафти, добре видимим на хвилях, кольоровість темна, темно-коричнева	2,4

Сума збитків у цьому випадку визначається за формулою (12.39):

$$З_З = З_П \times (1 - \frac{M_T}{M} \times K_з), \qquad (12.39)$$

де $З_З$ – зменшена (остаточна) сума збитків (грн..); $З_П$ – початкова сума збитків (грн..); $М_Т$ - маса зібраної забруднюючої речовини за кожний відрізок часу ліквідації (т); М – маса скинутої забруднюючої речовини (т); $К_з$ – коефіцієнт зменшення збитків, що залежить від інтервалу часу ліквідації забруднення від початку скиду або від моменту виявлення забруднення водного об'єкту (рис.12.11).

Часовий інтервал, за якій було проведено вилучення забруднюючої речовини з водного об'єкту, визначається як часовий інтервал, який пройшов з моменту початку скиду або встановлення порушення і строком закінчення ліквідації наслідків забруднення вод.

У разі, якщо будь-який скид призвів до екстремального високого забруднення водного об'єкту, у контрольному створі (відповідно до Інструкції про порядок розробки та затвердження гранично допустимих скидів (ГДС) речовин у водні об'єкти із зворотними водами) становить 50 і більше, ГДК, розрахована за відповідною формулою сума збитків збільшується в 5 раз (K_E=5,0). Контрольний створ, у якому мають дотримуватися рибогосподарські нормативи якості води, визначається залежно від конкретних умов, не нижче 500 метрів від місця скидання зворотних вод.

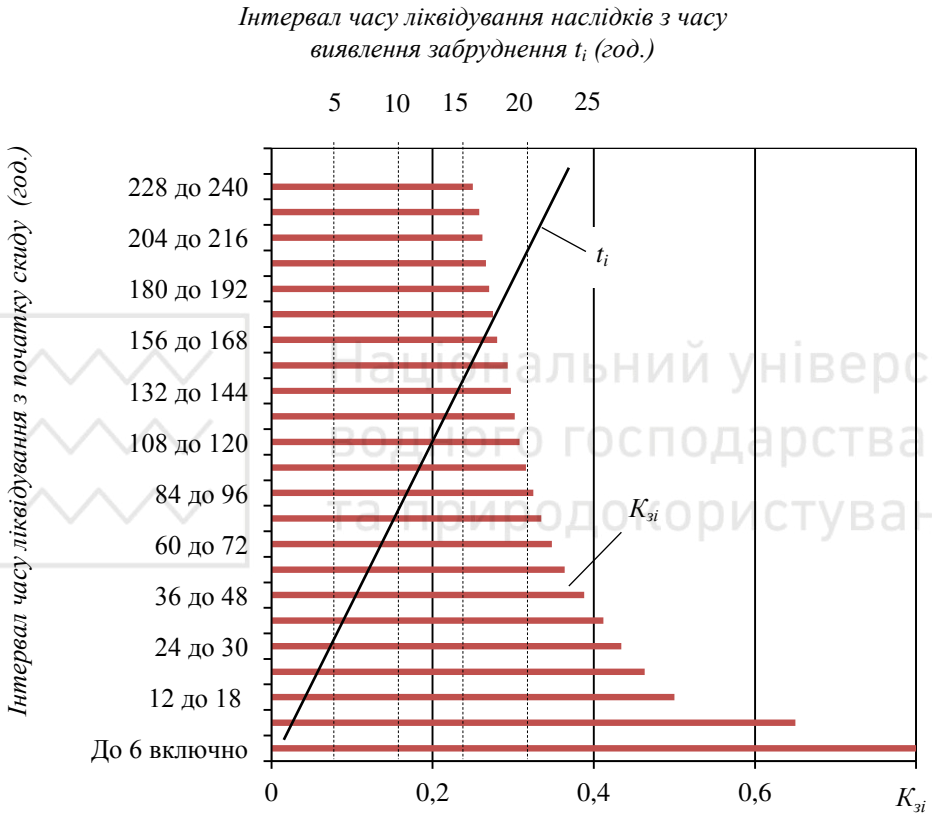


Рис. 12.11. Залежність інтервалу часу ліквідування наслідків забруднення з часу його виявлення t_i і коефіцієнта зменшення суми збитків $K_{зі}$ від інтервалу часу ліквідування з початку скиду

Збитки за самовільне використання водних ресурсів. Розмір відшкодування збитків, заподіяних державі внаслідок самовільного водокористування, забору води з порушенням планів водокористування (понад встановлені ліміти, при переуступці права водокористування), нераціонального використання води, умисного чи неумисного заниження показників обсягів забору води з водних об'єктів чи обсягів відведення води у водні об'єкти, збільшується в 10 разів порівняно з тарифною ціною використаної води і розраховуються (крім свердловин глибше 20 м.) за формулою (12.40):

$$З_{сам} = 10 \times W \times Тар, \qquad (12.40)$$

де W – об'єм використаної води м^3; Тар – норматив збору на спеціальне водокористування, діючий в регіоні на час порушення, або відповідно тариф на водовідведення (без урахування пільгових коефіцієнтів).

ПРИКЛАД

При перевірці очисних споруд каналізації населеного пункту встановлено, що якість стічних вод після очистки не відповідає затвердженим нормам на скид. Фактичні середні показники за останні 3 місяці (91 доба), згідно з результатами відомчої лабораторії, становлять:

- органічні речовини ($БПК_{повн}$) 35 мгO_2/дм^3, при величині затвердженої гранично допустимої концентрації 15 мгO_2/дм^3;
- завислі речовини 30 мг/дм^3, при величині затвердженої гранично допустимої концентрації 15 мг/дм^3;
- нафтопродукти 2,5 мг/дм^3, при величині затвердженої гранично допустимої концентрації 0,3 мг/дм^3;
- 2,0 мг/дм^3 речовини "*n*", для якої відсутня ГДК і відповідно не затверджена величина ГДС та допустима концентрація.

Інші показники не перевищували затверджених спеціально уповноваженим органом допустимих концентрацій.

Витрати стічних вод за цей період становили 20 тис. м^3/добу.

Скид стічних вод здійснювався у водний об'єкт рибогосподарського водокористування II категорії у межах населеного пункту [26].

Розрахунок маси забруднюючих речовин, що враховується при розрахунку збитку, здійснюється за формулою (12.41) із введенням збільшуючого коефіцієнту 1,2, що враховує скид у межах населеного пункту:

$$M_i = 10^{-6} Vt(\overline{C_i} - C_{Дi}) \qquad (12.41)$$

органічні речовини:	M_1 = 20000 × 91 × (35-15) × 0,000001 = 36,4 т
завислі речовини:	M_2 = 20000 × 91 × (30-15) × 0,000001 = 27,3 т
нафтопродукти:	M_3 = 20000 × 91 × (2,5-0,3) × 0,000001 =4,0 т
речовина "*n*":	M_4 = 20000 × 91 × (2,0-0) × 0,000001 = 3,64 т

Розрахунок збитків складає (формула 12.35):

$$З = 1{,}2 k_{інф} K_{кат} K_p \sum_{i=1}^{m} (M_i \gamma_i K_{ні} K_{Oi}), \qquad (12.42)$$

З=1×1,6×1,2×1,26×(36,4×533×0,02×1+27,3×160×0,16×1+4,0×32000×0,2×1+3,64×160000 × 0,138× 1) = 259,1 тис. грн.

12.9.4. Плата за скид промислових стічних вод у системи водовідведення населених пунктів

Підприємства скидають стічні води в системи комунальної чи відомчої каналізації та сплачують їм за послуги водовідведення відповідно до договорів з водоканалами. При недотриманні вимог договору та місцевих

правил приймання сплачуть водоканалу плату за скид понаднормативних забруднень, а також відшкодовують збитки, заподіяні через порушення режиму скиду і допустимих концентрацій забруднюючих речовин у стічних водах, які скидаються.

Додаткові об'єми стічних вод, необумовлені договором, потребують додаткових витрат матеріальних та енергетичних ресурсів на їх транспортування та очищення. Тому підприємства сплачують за понадлімітні об'єми скидів забруднюючих речовин у водойми у п'ятикратному розмірі. В разі відсутності договору між водоканалом і підприємством (або при закінченні строку його дії), підприємства сплачують водоканалу в п'ятикратному розмірі встановленого тарифу за весь об'єм скинутих за час відсутності договору стічних вод. Окрім того за додаткову кількість стічних вод, що надходить до міської каналізації у період дощів та сніготанення через люки каналізаційних колодязів та приймачі дощової каналізації на території підприємств, останні сплачують відповідно до умов правил користування системами водовідведення.

Нормативи плати за скид понаднормативних забруднень у системи каналізації населених пунктів (H_n) установлюються місцевими правилами приймання на рівні виробничої собівартості очищення 1 м^3 стічних вод з вмістом забруднень у межах установлених в місцевих правилах приймання допустимих концентрацій забруднюючих речовин.

Величина плати за скид стічних вод у систему каналізації населеного пункту ($П_c$) розраховується за виразом:

$$П_c = TV_{дог} + 5TV_{пдог} + V_{пз}K_к H_n, \qquad (12.43)$$

Т - тариф, установлений за надання послуг водовідведення підприємствам, віднесеним до відповідної категорії абонентів, грн./м^3; $V_{дог}$ – об'єм скинутих підприємством стічних вод у межах, обумовлених договором, м^3; $V_{пдог}$ – об'єм скинутих підприємством стічних вод понад об'єми, обумовлені договором, м^3; $V_{пз}$ – об'єм скинутих підприємством стічних вод з понаднормативними забрудненнями, м^3; $K_к$ – коефіцієнт кратності, який враховує рівень небезпеки скинутих забруднень для технологічних процесів очищення стічних вод та екологічного стану водойми; H_n - встановлений норматив плати за скид понаднормативних забруднень у систему каналізації, грн./м^3.

За перевищення відношення ХСК/БСК$_5$<2,5 коефіцієнт кратності визначають за виразом:

$$K_к = \frac{ХСК}{2{,}5БСК_5} - 1, \qquad (12.44)$$

При виявленні водоканалом у ході контролю якості стічних вод перевищення фактичної концентрації одного виду забруднення ($C_ф$) над

установленою договором або місцевими правилами приймання допустимою концентрацією (далі - *ДК*) коефіцієнт кратності для розрахунку плати за скид понаднормативних забруднень визначають за формулою

$$K_к = \frac{C_ф}{ДК} - 1 . \qquad (12.45)$$

Коефіцієнт кратності при перевищенні *ДК* однієї речовини, як правило, не може перевищувати 5.

Якщо встановлений факт одночасного скиду до міської каналізації кількох забруднень у концентраціях, що перевищують *ДК,* коефіцієнт кратності $K_к$ визначають за формулою

$$K_к = \sum_{i=1}^{n} \frac{C_{фi} - ДК_i}{ДК_i} , \qquad (12.46)$$

$C_{фi}$ - фактична концентрація в стічних водах підприємства і-ї речовини; $ДК_i$ - допустима концентрація і-ї речовини, яку встановлено договором або місцевими правилами приймання для даного підприємства.

Таблиця 12.5

Значення коефіцієнта кратності $K_к$ залежно від умов скиду промислових стоків в міську систему водовідведення [15]

№ з/п	Найменування скидів	Значення $K_к$
1.	Залповий скид забруднюючої речовини	20
2.	Відхилення показника *pH* на 2 одиниці	2
3.	Відхилення показника *pH* на >2 одиниці	10
4.	Температура стічних вод вище ніж 40С^o	2
5.	Скид конденсату, дощового та дренажного стоку при роздільній системі каналізації, скид речовин, заборонених до скиду в міську каналізацію тощо	5

Загальний коефіцієнт кратності з урахуванням перевищення допустимої концентрації кількох речовин та інших порушень, як правило, не може бути більше ніж 10.

Плата за скид понаднормативних забруднень розподіляється таким чином:

- 20 відсотків перераховуються водоканалом до місцевих фондів охорони навколишнього природного середовища, що утворені в складі сільських, селищних, міських бюджетів;
- 80 відсотків залишаються у розпорядженні водоканалу і використовуються на відшкодування збитків водоканалу, викликаних цими скидами, на ремонт і поліпшення експлуатації каналізаційної мережі та очисних споруд, а також на розвиток каналізаційного господарства населеного пункту.

За розміщення осадів та мулів (відходів), що утворюються на очисних

спорудах каналізації на спеціально обладнаних спорудах для їхньої подальшої обробки (мулові майданчики, мулові ставки, піскові майданчики тощо), які знаходяться на балансі водоканалу, збір не стягується за умови наявності погодженого з територіальними органами Мінекоресурсів України перспективного плану заходів щодо їх подальшої утилізації або знешкодження.

При використанні осадів як органічних добрив на сільськогосподарських та лісогосподарських угіддях (при відповідності їх якості технічним умовам, затвердженим у встановленому порядку), добавок при виробництві будівельних матеріалів, у шляховому будівництві та інших галузях народного господарства збір за забруднення навколишнього природного середовища за використаний об'єм осадів не стягується.

За неможливості використання осадів та мулів у сільському господарстві (підвищений вміст важких металів, токсичних речовин тощо) і необхідності їх розміщення на спеціальних полігонах кошторисна вартість цих робіт (разом із збором за розміщення відходів) розподіляється серед підприємств, які винні в забрудненні токсичними речовинами осадів та мулів. Розрахунок вартості цих робіт для конкретного підприємства виконується за формулою

$$B_i = \frac{П_i}{\sum_{i=1}^{n} П_i} B_{заг}, \qquad (12.47)$$

де B_i - частка вартості робіт з розміщення осадів і мулів, яка має бути відшкодована і-м підприємством; $B_{заг}$ - загальна кошторисна вартість робіт з розміщення осадів і мулів, тис.грн.; $П_i$ - скиди забруднюючих речовин, які не піддаються біологічному розкладу, і-тим підприємством за період накопичення осадів, т; $\Sigma П_i$ - сумарні скиди забруднюючих речовин, які не піддаються біологічному розкладу, усіма підприємствами за період накопичення осадів, т.

Контрольні питання

1. Суть порядку розроблення проектної документації.
2. Проект, робочий проект – структура та області застосування.
3. Структура робочої документації.
4. Склад та структура матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище.
5. Основні техніко-економічні показники робочого проекту.
6. Суть проекту організації будівництва.
7. Організація будівництва систем водовідведення промислових об'єктів.
8. Основні функції управління системою водовідведення промислових підприємств.
9. Суть організації експлуатації системи водовідведення промислового підприємства.
10. Загальні умови роботи очисних споруд міської і промислової каналізації.
11. Суть організації контролю за роботою очисної станції.
12. Умови експлуатації грат, піскоуловлювачів, первинних відстійників.
13. Умови експлуатації полів фільтрації, біологічних стоків.
14. Умови експлуатації біологічних фільтрів, аеротенків.

15. Умови експлуатації вторинних відстійників.
16. Умови експлуатації метантенків.
17. Умови експлуатації прояснювачів-перегнивачів.
18. Умови експлуатації двоярусних відстійників.
19. Зневоднення і сушка осадів.
20. Організація експлуатації насосних станцій.
21. Експлуатація повітродувних і компресорних установок.
22. Собівартість послуг водопостачання та водовідведення.
23. Ефективність інновацій у системах промислового водовідведення.
24. Визначення розмірів збитків від забруднення поверхневих вод.
25. Розрахунок розмірів збитків від забруднення поверхневих і морських вод скидами зворотних вод.
26. Визначення збитків від забруднення поверхневих вод скидами забруднюючих речовин.
27. Плата за скид промислових стічних вод у системи водовідведення населених пунктів.

Література

1. Эксплуатация систем водоснабжения, канализации и газоснабжения: Справочник/Под ред. В. Д. Дмитриева, Б. Г. Мишукова. 3-е изд., перераб. и доп. – Л. : Стройиздат, Ленингр. Отд-ние,1988. 383 с.,
2. Наказ, Інструкція, Державний комітет будівництва, архітектури та житлової політики України. Про затвердження Інструкції про встановлення та стягнення плати за скид промислових та інших стічних вод у системи каналізації населених пунктів та Правил приймання стічних вод підприємств у комунальні та відомчі системи каналізації населених пунктів України, № 37, 19.02.2002, http://zakon.nau.ua/doc/?doc_id=238614
3. Про затвердження Правил користування системами централізованого комунального водопостачання та водовідведення в населених пунктах України, № 190, 27.06.2008, Міністерство з питань житлово-комунального господарства України http://zakon.nau.ua/doc/?doc_id=247949
4. Москвін С.О. Проектний аналіз. – К. : Лібра, 1998. – 368 с.
5. ДБН А.2.2-3-2004. Проектування. Склад, порядок розроблення, погодження та затвердження проектної документації для будівництва. http://www.budinfo.com.ua/dbn/48.htm
6. ДБН А.3.1-5-96. Управління, організація і технологія. Організація будівельного виробництва. http://www.budinfo.com.ua/dbn/54.htm
7. ДБН А.3.1-3-94. Управління, організація і технологія. Прийняття в експлуатацію закінчених будівництвом об'єктів. http://www.budinfo.com.ua/dbn/53.htm
8. Литвинов О. О, Беляков Ю. И. Технология строительного производства /Под ред. О.О. Литвинова, Ю.И. Белякова. – К. : Вища шк., 1994. – 479 с.
9. Белецкий Б. Ф. Технология строительных и монтажных работ. – М. : Высш. шк., 1986. 384 с.
10. Соколов Л. И. Инвестиционное проектирование объектов и систем водоснабжения и водоотведения. Учебн. Пособие. – Вологда : ВоГТУ, 2002 – 47 с
11. ДБН Д.1.1-7-2000 Правила визначення вартості проектно-вишукувальних робіт для будівництва, що здійснюється на території України. http://dwg.ru/dnl/5722
12. http://knowledge.allbest.ru/management/3c0a65625a3bd68b4d53a89421216d27_1.html
13. Ніколенко Ю. В. Основи економічної теорії. Підручник/ Київ – ЦНЛ. 2003/

http://ebk.net.ua/Book/OsnEkTeor/Oet16-23/51801.htm
14. Правила технічної експлуатації систем водопостачання та каналізації населених пунктів України Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 21 липня 1995 р. за №231/767
15. Інструкція про встановлення та стягнення плати за скид промислових та інших стічних вод у системи каналізації населених пунктів / Затверджена наказом Держбуду України від 19 лютого 2002 р. № 37. Зареєстрована Мін'юстом України 26 квітня 2002 р. за № 402/6690.
16. Наказ № 173 від 19.06.96 Про затвердження Державних санітарних норм Міністерство охорони здоров'я України «Правила планування та забудови населених пунктів» Зареєстровано в Міністерстві юстиції України за № 379/1404 24 липня 1996 р. м.Київ
17. СНиП 2.04.02-84 "Водоснабжение. Наружные сети и сооружения" /Утверждено постановлением Государственного комитета СССР по делам строительства от 27 июля 1984 г. № 123
18. Наказ № 37 Держбуду України від 19 лютого 2002 р. «Правила приймання стічних вод підприємств у комунальні та відомчі системи каналізації населених пунктів України». Зареєстровані Мін'юстом України 26 квітня 2002 р. за № 403/6691.
19. Наказ № 39 від 06.06.1997 Державного комітету України по житлово-комунальному господарству «Про затвердження Норм обслуговування та нормативів чисельності працівників, зайнятих на роботах з експлуатації мереж, очисних споруд, насосних станцій водопровідно-каналізаційних господарств та допоміжних об'єктів на них»
20. Наказ № 35/34 Державного комітету будівництва, архітектури та житлової політики України від 14.02.2001. Про затвердження Ліцензійних умов провадження господарської діяльності з централізованого водопостачання та водовідведення Зареєстровано 1 березня 2001 р в Міністерстві юстиції України за №183/5374
21. Закон України «Про питну воду та питне водопостачання» від 10.01.2002 № 2918-III.
22. Закон України «Про житлово-комунальні послуги» від 24.06.2004 № 1875-IV.
23. Киселёв П.Г. Справочник по гидравлическим расчётам Под ред. Киселёва П.Г. Изд.4-е переработ. и доп. – М. : Энергия 1972. – 312 с.
24. Ковальчук В.А. Очистка стічних вод. – Рівне : ВАТ «Рівненська друкарня», - 2002. – 622 с.
25. Закон України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року». Затверджено від 21 грудня 2010 року № 2818-VI
26. Методика розрахунку розмірів відшкодування збитків, заподіяних державі внаслідок порушення законодавства про охорону та раціональне використання водних ресурсів www.dtkt.com.ua .
27. Про затвердження Методики розрахунку розмірів відшкодування збитків, заподіяних державі внаслідок порушення законодавства про охорону та раціональне використання водних ресурсів. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 14 серпня 2009 р. за № 767/16783
28. Строительные нормы и правила (СНИП) 2.04.03-85. Канализация. наружные сети и сооружения. – М. : Стройиздат, 1986. – 72 с.
29. Poradnik eksploatatora oczyszczalni ścieków. Praca zbiorowa pod redakcją Zbysława Dymaczewskiego.Wyd. Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych Oddział Wielkopolski. Poznań, Polska 2011. – 1152 stron.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Терміни та визначення

Абонент водоканалу – юридична або фізична особа, з якою водоканалом укладений договір на надання послуг водопостачання і каналізації (або однієї з цих послуг).

Аеробні організми – живі організми, для життєдіяльності яких потрібен вільний молекулярний кисень.

Аеротенк – очисна споруда призначена для очищення стоків біологічним шляхом через окислення їх бактеріями. У аеротенку стоки очищаються за участі активного мулу життєдіяльність якого забезпечується наявністю продуктів живлення, позитивної температури і присутності кисню повітря.

Активний мул – розмаїття мікроорганізмів, спроможних поглинати зі стічної води всередину клітини забруднюючі речовини, де вони під впливом ферментів піддаються біохімічним перетворенням. Інтенсивність і глибина протікання процесів залежить від якісного складу активного мулу, різноманітності форм і видів мікроорганізмів, здатності їх адаптуватися до конкретного складу забруднюючих речовин стічної рідини і умов протікання процесу.

Анаеро́би – організми, здатні жити без атмосферного кисню, за рахунок так званого анаеробного дихання. До них належать деякі види бактерій, дріжджів, найпростіших, черв'яків. Якщо присутність кисню є токсичною для клітин, такі мікроорганізми називають облігатними анаеробами. Якщо організми можуть жити як в присутності кисню так і без нього, їх називають факультативними анаеробами.

Аудит екологічний – незалежна, комплексна, документована оцінка дотримання суб'єктом господарювання та ін. діяльності вимог, у т.ч. нормативів і нормативних документів, у галузі охорони навколишнього середовища, вимог міжнародних стандартів та підготовка рекомендацій щодо поліпшення такої діяльності.

Бактеріальне та вірусне забруднення води – характеризується числом бактерій, які містяться в 1 мл води, колі-тестом або його зворотною величиною – колі-титром (об'єм води в кубічних сантиметрах, що припадає на одну бактерію).

Баланс водоспоживання та водовідведення – співвідношення між фактично використаними об'ємами води з усіх джерел водопостачання та обсягами стічних вод, що відводяться за визначений термін.

Біоплато – засипані щебенем і засаджені вищою водною рослинністю неглибокі ставки чи канави, призначені для глибокого аеробного доочищення біологічно очищених стічних вод. При протіканні стічних вод через шари елементи споруди відбуваються процеси фільтрування, осадження, адсобції, поглинання забруднювачів водними рослинами. Очищення можливе як в аеробних, так і анаеробних умовах.

Біокоагуляція флотаційна – спосіб флотаційного прояснення стічних вод у поєднанні з біокоагуляцією забруднень надлишковим активним мулом чи надлишковою біологічною плівкою, які мають хорошу здатність до флотації.

Біологічний ставок – природний або штучно створений водний об'єкт, призначений для біологічного очищення (доочищення) стічних вод, заснованого на процесах самоочищення водойм.

Біосорбер – споруда для глибокої доочистки стічних вод шляхом сорбції органічних забруднень на активованому вугіллі та наступного біохімічного окиснення сорбованих органічних забруднень іммобілізованими мікроорганізмами, яке забезпечує регенерацію активованого вугілля.

Біотенк – аераційна споруда зі спеціальним заповненням, що сприяє збільшенню загальної кількості біомаси. Процес біологічного очищення в біотенку відбувається, як з використанням вільно плаваючого активного мулу, так і біологічної плівки, нарощуваної на заповнені, завдяки чому біотенки мають більшу окисну потужність в порівнянні зі звичайними аеротенками.

Біофільтр – кругла, прямокутна або багатокутна у плані споруда з подвійним – нижнім суцільним і верхнім дірчастим дном, в якій аеробна біологічне очищення відбувається при повільному обтіканні стічних вод по поверхні об'ємного або площинного заповнення, вкритого біоплівкою з колоній аеробних мікроорганізмів, у пори якого самочинно надходить або подається вентиляторами атмосферне повітря.

Біохімічна потреба в кисні (БПК) – кількість розчиненого кисню, витраченого на біохімічне окислення речовин, які містяться у воді, за певний проміжок часу і за певних умов.

Вакуум-фільтр – споруда, основним елементом якої є пористі полотна, призначена для зневоднювання осадів, яке протікає завдяки різниці тиску, створюваного вакуум насосами з обох сторін полотна.

Використання води – процес забору води для використання у виробництві з метою отримання продукції та для господарсько-питних потреб населення, а також без її вилучення для потреб гідроенергетики, рибництва,

Національний університет
водного господарства
та природокористування

водного, повітряного транспорту та інших потреб.

Випаровування – процес переходу речовини з рідкого стану в газоподібний, що відбувається на поверхні речовини (пар). За реалізації процесу очищення води протікає на відкритому повітрі.

Випарювання – технологічний процес концентрування розчинів шляхом виділення розчинника і перетворення його на пару.

Випуск водовідведення – трубопровід від будинку або споруди до першого колодязя дворової або квартальної мережі або трубопровід від останнього колодязя майданчикових мереж підприємства до відомчої або централізованої мережі водовідведення.

Виробник послуг централізованого водопостачання та водовідведення – суб'єкт господарювання, що виробляє або створює послуги з централізованого водопостачання та водовідведення.

Відходи – будь-які речовини, матеріали і предмети, що утворюються у процесі людської діяльності і не мають подальшого використання за місцем утворення чи виявлення та яких їх власник повинен позбутися шляхом утилізації чи видалення.

Вода зворотна – забруднені води, які повертаються з господарської ланки її кругообігу в природні системи (річкову, озерну, морську, океанічну, літогенну).

Вода дренажна – вода, яка профільтрувалася з певної території та відводиться за допомогою дренажної системи з метою пониження рівня ґрунтових вод.

Вода питна – вода склад і властивості якої відповідають вимогам чинного державного стандарту «Вода питна».

Вода стічна – вода, що утворилася в процесі господарсько-побутової і виробничої діяльності (крім шахтної, кар'єрної і дренажної води), а також відведена з забудованої території, на якій вона утворилася внаслідок випадання атмосферних опадів.

Вода стічна господарсько-побутова – стічна вода, що відводиться від жилих будинків, лазень, їдалень та інших об'єктів комунально-побутового господарства.

Вода стічна міська – суміш господарсько-побутової, промислової і деякої частки дощової (снігової) стічних вод, які надходять у міську каналізацію.

Вода стічна промислова – забруднена вода, що відводиться від технологічних операцій на промислових підприємствах.

Водневий показник (pH) води – міра активності (в дуже розведених розчинах вона еквівалентна концентрації) іонів водню в розчині, і кількісно виражає його кислотність, обчислюється як від'ємний (узятий з оберненим знаком) десятковий логарифм активності водневих іонів, вираженої в молях на літр. Зазвичай pH природної води складає 7. Значення цього показника для стічної води може коливатися в широких межах: для нейтральної реакції pH = 7, для кислої – pH менше 7, для лужної реакції pH більше 7.

Водний об'єкт – природний або створений штучно елемент довкілля, в якому зосереджуються води (море, річка, озеро, водосховище, ставок, канал, водоносний горизонт)

Водовід – трубопровід, прокладений від місця забору води (джерела водопостачання) до перших вуличних розподільних мереж.

Водоканал – підприємство, яке видобуває, очищує і подає в населений пункт питну воду, експлуатує зовнішні мережі і споруди водопостачання і каналізації населеного пункту та споруди для очищення стічних вод.

Водокористування – використання вод (водних об'єктів) для задоволення потреб населення, промисловості, сільського господарства, транспорту та інших галузей господарства, включаючи право на забір води, скидання стічних вод та інші види використання вод (водних об'єктів)

Вологість осаду – відношення ваги води в осаді до загальної ваги осаду і виражається у відсотках. Вологість визначають шляхом зважування сирого і висушеного осаду при 105ºС. Вологість осаду завжди повинна бути меншою або рівною 100 мінус кількість сухої речовини, виражена у відсотках.

Вузол обліку – комплект засобів вимірювальної техніки, занесених до Державного реєстру вимірювальної техніки, що призначені для вимірювання і реєстрації результатів вимірювання та обладнання для влаштування вузла відповідно до вимог нормативних документів.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Вулична мережа водовідведення – трубопроводи, прокладені вздовж вулиць, провулків, набережних тощо, призначені для транспортування стічних вод.

Гідравлічна крупність частинок – швидкість падіння частинок наносів в стоячій воді за певної температури. Гідравлічна крупність має розмірність швидкості (наприклад, см/с або м/с).

Гідравлічне навантаження на очисну споруду – витрата стічної води на одиницю площі очисної споруди, вимірюється в $м^3/(м^2 \times год)$.

Гідроциклон (відцентровий сепаратор) – апарат, призначений для прояснення стічних вод за їх руху під дією астатичного тиску у відцентровому полі, створюваному в результаті обертання пульпи, суспензії.

Головний каналізаційний колектор – трубопровід, що збирає стічні води від збірних колекторів і районних насосних станцій.

Гранично допустима концентрація (ГДК) речовини у воді – встановлений рівень концентрації речовини у воді, вище якого вода вважається непридатною для конкретних цілей водокористування

Гранично допустимий скид (ГДС) речовини – маса речовини у зворотній воді, що є максимально допустимою для відведення за встановленим режимом даного пункту водного об'єкта за одиницю часу.

Грубодисперсні домішки – завислі речовини, присутні в воді у вигляді частинок мулу, піску, планктону, в технологічній воді - у формі шламу, який складається з важкорозчинних сполук, продуктів корозії, нафтопродуктів та ін..

Дальтон (інша назва **-** атомна одиниця маси – а.о.м.) **–** позасистемна одиниця маси для оцінки мас мікрочастинок (молекул, атомів, атомних ядер і елементарних часток). Атомна одиниця маси дорівнює 1/12 маси ізотопу вуглецю з масовим числом 12. З іншого боку, 1 а.о.м. **–** це величина, обернена числу Авогадро. Такий вибір атомної одиниці маси зручний тим, що молярна маса певного елементу, виражена у грамах на моль, цілком збігається із масою цього елементу, вираженою в а.о.м.

Дворова мережа водовідведення – мережа, розташована в межах однієї дворової ділянки, яка з'єднує випуски з окремих будівель.

Денітрифікація – біологічний процес відновлення азоту нітратів (азотнокислих солей) до нітритів (азотисто-кислих солей), NH_3 або вільного N. В мікробіології під денітрифікацією розуміють розпад нітратів з виділенням вільного N.

Державні капітальні вкладення – кошти Державного бюджету України, місцевих бюджетів, державних цільових фондів та кошти державних підприємств,спрямовані на капітальне будівництво.

Дисконтування – приведення різночасних (що відносяться до різних кроків розрахунку) витрат, результатів і ефектів до їх цінності на певний момент часу, який називається моментом приведення.

Дифу́зія — процес випадкового невпорядкованого переміщення частинок під впливом хаотичних сил, зумовлених тепловим рухом і взаємодією з іншими частками.

Діаліз – мембранний процес, рушійною силою якого є градієнт концентрацій розчинених речовин з обох боків мембрани.

Договір – основний організаційно-правовий документ, який регламентує взаємовідносини між замовником та надавачем послуг.

Електрофоре́з – рух дисперсних твердих частинок, рідинних крапель або газових пухирців, йонів тощо завислих в рідинному або газоподібному середовищі в електричному полі постійного струму під дією електрокінетичних сил, що виникають завдяки утворенню подвійного електричного шару на границі розділу фаз.

Евапорація – проводиться шляхом пропускання через нагріту приблизно до 100°С стічну воду насиченої водяної пари. Проходячи через воду, пар захоплює забруднюючі її летючі речовини, після чого очищується від них при проходженні через також нагріте приблизно до 100°С речовину-поглинач і надходить для повторного використання.

Евтрофікація – збагачення водойм біогенними елементами, що супроводжується підвищенням продуктивності водойми. Евтрофікація може бути наслідком природного старіння водойми, внесення добрив або забруднення стічними водами.

Екстра́кція – спосіб розділення суміші речовин на складові частини за допомогою розчинника, в якому

Національний університет
водного господарства
та природокористування

вони розчиняються неоднаково. Екстракція базується на різниці коефіцієнтів розподілу різних речовин між двома фазами: двома рідинами, які не змішуються, рідиною та твердим тілом, рідиною та газом.

Ескізний проект – проект, в якому відтворено принципові рішення містобудівних, архітектурних, функціональних, екологічних завдань, розрахунок вартості будівництва та оцінку ефективності інвестицій.

Ефективність інноваційного проекту – категорія, що відображає відповідність інноваційного проекту цілям та інтересам його учасників.

Забруднення екстремально високе – перевищення ГДК шкідливих речовин у контрольному створі водного об'єкта в 50 і більше разів внаслідок скиду зворотних вод або забруднюючих речовин (у будь-який час після скиду).

Забруднююча речовина – речовина, яка привноситься у водний об'єкт в результаті господарської діяльності людини.

Залповий скид у каналізацію – скид стічних вод з концентраціями забруднюючих речовин, що перевищує установлений місцевими Правилами приймання скиду більш як у 20 разів.

Замовник – інвестор або інша юридична (фізична) особа, яка за дорученням інвестора видає замовлення на виконання проектно-вишукувальних робіт і на будівництво об'єкта, укладає договори (контракти), контролює хід будівництва, здійснює технічний нагляд, приймає закінчені роботи (послуги), проводить розрахунки та здає об'єкт в експлуатацію.

Знезараження води – санітарно-технічні процеси ліквідації у воді мікроорганізмів (бактерій, вірусів), які перешкоджають її використанню для пиття, господарських потреб і промислових цілей або викиданню в природні водойми.

Захоронення відходів – остаточне розміщення відходів при їх видаленні у спеціально відведених місцях чи на об'єктах таким чином, щоб довгостроковий шкідливий вплив відходів на навколишнє природне середовище та здоров'я людини не перевищував установлених нормативів.

Зберігання відходів – тимчасове розміщення відходів у спеціально відведених місцях чи об'єктах (до їх утилізації чи видалення).

Збитки – втрати трудових, матеріальних, фінансових і природних ресурсів, пов'язані з необхідністю ліквідації негативних наслідків, викликаних порушенням водного законодавства.

Збірний колектор – трубопровід, який збирає стічні води з окремих випусків і передає їх у головний каналізаційний колектор.

Знезараження води – зменшення кількості хвороботворних організмів у воді до меж, встановлених санітарно-гігієнічними нормами.

Зона санітарної охорони (ЗСО) – територія і акваторія, на якій запроваджується особливий санітарно-епідеміологічний режим для запобігання погіршенню якості джерел централізованого господарсько-питного водопостачання і охорони водопровідних споруд.

Інвестиції – майнові та інтелектуальні цінності, що вкладаються в об'єкти підприємницької та інших видів діяльності, в результаті чого створюється прибуток (доход) або досягається соціальний ефект.

Інвестор – юридична або фізична особа, яка надає інвестиції (вкладають кошти в реалізацію інновацій).

Інновація – нововведення, застосоване в області технології виробництва або управління будь-якої господарської одиниці. Як правило, здійснення інновацій потребує інвестицій і оцінки їх ефективності.

Каналізаційний випуск – трубопровід від будинку до першого колодязя дворової або квартальної мережі.

Каналізаційний випуск підприємства – трубопровід, яким стічні води підприємства випускаються в збірний чи головний каналізаційний колектор.

Каналізація – сукупність споруд та мереж, призначених для відведення та очищення стічних вод.

Капітальні вкладення – інвестиції у відтворення основних фондів і на приріст матеріально-виробничих запасів.

Коагуляція – об'єднання дрібних частинок дисперсних систем у більші під впливом сил зчеплення з утворенням коагуляційних структур.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Колі-індекс – кількісний показник фекального забруднення води або харчових продуктів. Визначається кількістю мікробів (головним чином кишкової палички - *Escherichia coli*) в 1 л або 1 кг субстрату.

Колоїдний розчин – високодисперсні системи, в яких, на відміну від справжніх розчинів, зберігаються поверхні розділу між дисперсійним середовищем та диспергованою речовиною.

Кольоровість води - називають забарвлення води, яке вона може мати. Кольоровість виражають у градусах платиново-кобальтової шкали.

Конденса́ція – процес переходу газу або насиченої пари в рідину чи тверде тіло внаслідок охолодження або стиснення їх. Швидкість процесу залежить від зовнішніх умов — тиску, температури, інколи — наявності інших речовин. В атмосфері конденсація відбувається при наявності ядер конденсації при зниженні температури до точки роси.

Контрольна проба – проба стічних вод, відібрана з контрольного колодязя з метою визначення складу стічних вод, що відводяться у централізовану мережу водовідведення.

Контрольний колодязь – колодязь на каналізаційному випуску Підприємства безпосередньо перед приєднанням до збірного або головного каналізаційного колектора;

Кредитор (позикодавець) – інвестор, який надає позикові кошти для реалізації інновацій. Кредитор може одночасно виступати в якості акціонера, набуваючи частину акцій.

Кристалізація – процес виділення з розчину надлишку розчиненої речовини у вигляді кристалів або перехід речовини з газоподібного, рідкого (розчину чи розплаву) або твердого (аморфного) станів у кристалічний.

Ліцензія – документ державного зразка, який засвідчує право ліцензіата на провадження зазначеного в ньому виду діяльності впродовж визначеного строку за умови виконання ліцензійних умов.

Локальна каналізація – сукупність каналізаційних споруд, призначених для відводу стічних вод окремого підприємства, території;

Локальні очисні споруди – споруди для очищення стічних вод окремого підприємства, території до відповідних вимог.

Лужність води – характеризується наявністю в ній бікарбонатів, карбонатів, гідратів та солей інших слабких кислот, тому розрізняють лужність бікарбонатну, карбонатну, гідратну, гуматну, силікатну та ін. Лужність природної води, як правило, відповідає її карбонатній твердості і виражається у мг-екв/л.

Межа балансової належності – лінія розподілу елементів систем водопостачання та водовідведення і споруд на них між власниками або користувачами.

Мембранна дистиляція – процес, рушійною силою якого є різниця парціального тиску пари розчинника (води) з обох боків гідрофобної мікрофільтрувальної мембрани, яка створюється за рахунок різниці температур розчину і фільтрату.

Мережа квартальна – трубопроводи, прокладені всередині житлового кварталу, до яких приєднуються випуски групи будинків або будівель кварталу.

Метанте́нк – штучний резервуар великої ємності (до декількох тис. м^3) для біологічної переробки (так званого метанового зброджування за допомогою бактерій-мінералізаторів та інших мікроорганізмів) органічного осаду стічних вод без доступу повітря.

Мінералізація води загальна – загальний вміст у воді мінеральних речовин (розчинених йонів, солей і колоїдів), який виражається звичайно у вигляді однієї із наступних величин: експериментально визначений сухий залишок; сума йонів; сума мінеральних речовин; розрахований сухий залишок.

Мікрофільтрування – баромембранний процес, призначений для вилучення із води дисперсних часток розміром до 0,1-10 мкм.

Містобудівна документація – затверджені у встановленому порядку текстові і графічні матеріали, якими регулюється планування, забудова та інше використання територій.

Моніторинг вод – постійне стеження за станом вод з визначенням показників їх якості, його оцінка і зберігання бази цих даних.

Мулове господарство – комплекс споруд і пристроїв для збору, обробки, зневоднення, вилучення і використання осаду, який утворюється в процесі очищення води.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Муловий майданчик – спланована ділянка землі, розділена на окремі карти, для зневоднення осаду стічної води.

Нанотехнології – в широкому значенні слова прийнято називати міждисциплінарну область фундаментальної і прикладної науки, в якій вивчаються закономірності фізичних і хімічних систем розмірами в кілька нанометрів або часток нанометра.

Нанометр (скорочення: нм, міжнародне: nm) – одиниця вимірювання дожини, 1×10^{-9} метра.

Нанофільтрування – баромембранний процес розділення речовин (за робочих тисків 1-2 МПа), з молекулярними масами до 300-500 дальтон.

Нітрати – солі азотної кислоти, які накопичуються воді.

Нітрити – проміжний ступінь в ланцюзі бактеріальних процесів окислювання амонію до нітратів або, навпаки, відновлення нітратів до азоту й аміаку. Підвищений вміст нітритів вказує на посилення процесів розкладання органічних речовин в умовах повільного окислювання NO^{2-}в NO^{3-}, це вказує на забруднення водойми. Вміст нітритів є важливим санітарним показником.

Недержавні капітальні вкладення – капіталовкладення, що здійснюються за рахунок коштів інвесторів з недержавними формами власності.

Нове будівництво – будівництво комплексу об'єктів основного, підсобного та обслуговуючого призначення новостворюваних підприємств, будинків, споруд, а також філій і окремих виробництв, що здійснюється на вільних площах із метою створення нової виробничої потужності або надання послуг, які після введення в експлуатацію будуть знаходитись на самостійному балансі.

Об'єкт будівництва – окремий будинок або споруда, на будівництво, реконструкцію яких повинні бути складені окремо проект і кошторис. Якщо на будівельному майданчику за проектом (робочим проектом) споруджується тільки один об'єкт основного призначення, то поняття "об'єкт будівництва" збігається з поняттям "будова"

Окислювально-відновний потенціал (редокс-потенціал) - міра хімічної активності елементів або їхніх сполук в оборотних хімічних процесах, пов'язаних із зміною заряду іонів у розчинах. Значення окислювально-відновного потенціалу для кожної окислювально-відновної реакції може мати як додатне, так і від'ємне значення. У природній воді значення *Eh* коливається від –400 до +700 мВ.

Окиснюваність води – величина, що характеризує вміст у воді органічних і мінеральних домішок, які піддаються окисленню одним із сильних хімічних окиснювачів за певних умов.

Окситенк – споруда для біологічного очищення стічних вод (переважно від розчинених органічних речовин) за допомогою аеробних бактерій з використанням кисню.

Первапорація – мембранний процес, який відбувається з використанням непористих мембран для вилучення з води невеликих домішок. Необхідною умовою первапораційного розділення є здатність полімерної мембрани набрякати в речовинах, що є домішками.

Передпроектні роботи – роботи, які можуть виконуватись до початку процесу проектування для визначення принципових об'ємно-просторових та містобудівних рішень.

Поля фільтрації - ділянки землі, пристосовані для природного біологічного очищення стічних вод шляхом фільтрування їх через шар ґрунту.

Проект (П) – розробляють для визначення містобудівних, архітектурних, екологічних, технологічних, інженерних рішень об'єкта, кошторисної вартості будівництва і ТЕП на підставі завдання, вихідних даних та схваленої попередньої стадії проектування.

Проектна документація – затверджені у встановленому порядку текстові та графічні матеріали, якими визначаються містобудівні об'ємно-планувальні, архітектурні, конструктивні, технічні, технологічні рішення, а також кошториси об'єктів будівництва.

Проектні роботи – роботи, які пов'язані зі створенням проектної документації для будівництва.

Прояснення води – процес вилучення із води завислих та колоїдних домішок.

Прояснювач води – споруда для очищення води від завислих та колоїдних домішок шляхом її пропускання знизу вверх через шар завислого осаду.

Пусковий комплекс – визначена проектною документацією частина будови (об'єкта) виробничого або

Національний університет
водного господарства
та природокористування

цивільного призначення, яка після введення її в експлуатацію забезпечує випуск продукції або надання послуг на об'єктах підсобного та обслуговуючого призначення за відповідною супровідною номенклатурою і може експлуатуватися за розсудом інвестора до випуску продукції або надання послуг на повну проектну потужність за основною номенклатурою.

Реконструкція – перебудова існуючих об'єктів виробничого та цивільного призначення, пов'язана з удосконаленням виробництва, підвищенням його техніко-економічного рівня та якості вироблюваної продукції, поліпшенням умов експлуатації та проживання, якості послуг, зміною основних техніко-економічних показників (кількість продукції, потужність, функціональне призначення, геометричні розміри).

Ремонт капітальний – комплекс технічних заходів і будівельно-монтажних робіт, спрямованих на відновлення або заміну зношених конструкцій, деталей, устаткування, споруд або трубопроводів.

Ремонт поточний – проведення робіт із систематичного і вчасного захисту елементів споруд і устаткування від передчасного зношення шляхом здійснення профілактичних заходів і усунення незначних пошкоджень і несправностей.

Робоча документація – проектні матеріали, що розроблюється для виконання Будівельно-монтажних робіт (БМР).

Робочий проект (РП) – проектні матеріали, що розробляються для технічно нескладних об'єктів. РП складають з двох частин - затверджуваної та робочих креслень.

Седиментація – осідання або спливання часток дисперсної фази (твердих крупинок, крапельок рідини, бульбашок газу) в рідкому або газоподібному дисперсійному середовищі в гравітаційному полі або полі відцентрових сил.

Синтетичні поверхнево-активні речовини (СПАР) – синтетичні миючі засоби, які викликають спінювання стічних вод, утруднюють процеси їх очищення та забруднюють водойми.

Система планово-попереджувального ремонту (ППР) – сукупність організаційних і технічних заходів щодо нагляду і усіх видів ремонту трубопроводів, споруд і устаткування на підприємствах водопровідно-каналізаційного господарства, які проводяться періодично за заздалегідь складеним планом.

Складові частини проектної документації – ескізний проект (ЕП); – техніко-економічне обґрунтування (ТЕО); – техніко-економічний розрахунок (ТЕР); – проект (П); – робочий проект (РП); – робоча документація (Р).

Сміття – гетерогенні суміші, які утворюються в процесі життєдіяльності людини і потребують знешкодження, утилізації, ліквідації.

Спеціальне водокористування – забір води з водних об’єктів із застосуванням споруд або технічних пристроїв, використання води та скидання забруднюючих речовин у водні об’єкти, включаючи забір та скидання забруднюючих речовин із зворотними водами із застосуванням каналів.

Стабілізація осадів стічних вод – обробка, що змінює фізико-хімічні властивості осадів і придушує життєдіяльність гнильних бактерій.

Стічні води підприємств – всі види стічних вод, які утворилися внаслідок їхньої діяльності після використання води у всіх системах водопостачання (господарсько-питного, технічного, гарячого водопостачання тощо), а також поверхневі та дощові води з території підприємства (з урахуванням субабонентів);

Субабонент – водокористувач, що одержує воду з міської водопровідної мережі або скидає стічні води в міську каналізаційну мережу через мережі абонента за укладеною з ним угодою та за погодженням з Водоканалом.

Сублімáція – перехід речовини із твердого стану в газоподібний, оминаючи рідку фазу. Як і у рідинах, у твердих тілах завжди присутня деяка кількість молекул, енергія яких достатня для подолання притягання до інших молекул, і які здатні відірватись від поверхні тіла і перейти в навколишній простір. Для твердих тіл цей процес називається сублімацією.

Субспоживач – суб'єкт господарювання, який одержує воду з комунальної водопровідної мережі або скидає стічні води в комунальну мережу водовідведення через мережі споживача.

Твердість води – сукупність хімічних і фізичних властивостей води, пов'язаних з вмістом в ній розчинених солей лужноземельних металів, головним чином, кальцію і магнію («солей жорсткості»). Твердість води

Національний університет
водного господарства
та природокористування

виражається у мг-екв/л. Розрізняють твердість карбонатну і некарбонатну. Суму карбонатної та некарбонатної твердості називають загальною твердістю. Карбонатною називають твердість, обумовлену наявністю двовуглекислих (бікарбонатних) та вуглекислих (карбонатних) солей кальцію та магнію. Некарбонатною називають твердість, яка обумовлена наявністю некарбонатних солей кальцію та магнію – сульфатів, хлоридів, нітратів та силікатів.

Тендер – форма розміщення замовлення на отримання послуг або матеріальних цінностей, що передбачає відбір підрядника шляхом оцінки його пропозицій і умов, за яких він згоден виконати замовлення.

Техніко-економічне обґрунтування (ТЕО) – складові проекту для об'єктів виробничого призначення, що потребують детального обґрунтування відповідних рішень та визначення варіантів і доцільності будівництва.

Техніко-економічний розрахунок (ТЕР) – складові проекту, що застосовують для технічно нескладних об'єктів виробничого призначення. ТЕР обґрунтовує потужність виробництва, забезпечення сировиною, матеріалами, паливом, водою тощо. Обов'язковою спеціальною частиною ТЕО є оцінка впливів діяльності на навколишнє середовище (ОВНС).

Технічна експлуатація споруд і мереж водопостачання і каналізації – комплекс робіт, спрямованих на збереження та забезпечення безперебійної і надійної роботи всіх споруд і мереж водопроводу та каналізації при високих техніко-економічних і якісних показниках з врахуванням вимог державного стандарту на питну воду, Правил охорони водойм від забруднення стічними водами і раціонального використання всіх ресурсів.

Технічне переоснащення об'єктів виробничого призначення – комплекс заходів щодо підвищення техніко-економічного рівня окремих виробництв, цехів та дільниць на основі впровадження передової техніки та технології, механізації й автоматизації виробництва, модернізації та заміни застарілого і фізично зношеного устаткування новим, більш продуктивним, а також щодо удосконалення загальнозаводського господарства та допоміжних служб. Технічне переоснащення діючих підприємств здійснюється, як правило, без розширення виробничих площ за проектами і кошторисами на окремі об'єкти або види робіт.

Технічні умови – це комплекс умов та вимог до інженерного забезпечення об'єкта архітектури, які мають відповідати його розрахунковим параметрам.

Титр бактерій – максимальне розведення водної суспензії бактерій, при посіві якої спостерігається зростання останніх.

Ультрафільтрування – процес баромембранного розділення, а також концентрування і фракціонування розчинів високомолекулярних сполук.

Утилізація відходів (*також*: **вторинна переробка**, **рециклінг**) **–** здійснення будь-яких технологічних операцій, пов'язаних зі зміною фізичних, хімічних або біологічних властивостей відходів, з метою підготовки їх до екологічно безпечного зберігання, перевезення, утилізації чи видалення. Повторне використання або повернення в обіг відходів виробництва чи сміття. Найпоширеніша вторинна, третинна, інші переробки різними масштабами таких матеріалів, як скло, папір, алюміній, асфальт, залізо, тканини та різних видів пластику. Також спрадавна використовують в сільському господарстві органічні господарські та побутові відходи.

Фільтр зернистий – споруда, призначена для фільтрування води, основним елементом якої є наповнювач з зернистого матеріалу. В якості наповнювача використовують кварцовий пісок, керамзит, шунгізит, трепел, перліт, полістирол тощо.

Фільтрація – процес проходження розчину чи суспензії через пористу перегородку (мембрану) завдяки різниці гідростатичного тиску з обох боків перегородки.

Фільтрування – процес розділення неоднорідних водних систем за допомогою пористих перетинок, спроможних пропускати рідину і затримувати дисперсну тверду фазу.

Флотація – процес поділу дрібних твердих частинок (головним чином, мінералів), заснований на відмінності змочування їх поверхні водою. Гідрофобні (погано змочувані водою) частинки вибірково закріплюються на межі розділення фаз, зазвичай газу і води, і відділяються від гідрофільних (добре змочуються водою) часток. При флотації бульбашки газу або краплі мастил прилипають до погано змочуваних водою частинок і піднімають їх на поверхню.

Фосфати – солі та ефіри фосфорних кислот. Фосфати взаємодіють з сильними кислотами, лугами, з іншими розчинними солями. При нагріванні вище 2000С° розкладаються на оксиди. Фосфати широко використовуються в синтетичних миючих засобах. Фосфати, які потрапляють у навколишнє середовище, призводять до евтрофікації водойм. Тому використання фосфатів у пральних порошках заборонено в

Національний університет
водного господарства
та природокористування

багатьох країнах. Крім добрив і пральних порошків, антропогенним джерелом фосфатів у навколишньому середовищі є необроблені стічні води.

Фотосúнтез – процес синтезу органічних сполук з вуглекислого газу та води з використанням енергії світла й за участю фотосинтетичних пігментів: (хлорофіл у рослин, хлорофіл, бактеріохлорофіл і бактеріородопсин у бактерій), часто з виділенням кисню як побічного продукту.

Хімічна потреба в кисні (ХПК) – кількість розчиненого кисню, витрачена на хімічне окислення органічних і неорганічних домішок води під дією сильного окислювача - біхромату калію.

Хлорне господарство – комплекс споруд, пристроїв і мереж для приймання, зберігання, випаровування, дозування і подачі хлору у воду з метою її очищення та знезараження.

Центрифуга – механічний пристрій, в якому примусово створюване швидке обертання стічної води використовується для вилучення з неї твердих частинок під дією відцентрового поля.

Предметний покажчик

Аератор	171	Очищення стічних вод заводів пластмас	430
Аераційні установки	97	Очищення стічних вод заводів синтетичного каучуку	336, 410
Аеробні організми	35	Очищення стічних вод заводів хімічних волокон	332, 410
Аеробні стабілізатори осадів	492	Очищення стічних вод льонозаводів	376
Аеробні ставки	148	Очищення стічних вод нафтопереробних заводів	342, 345
Аеротенк з низьконапірною аерацією	129	Очищення стічних вод підприємств гумової промисловості	438
Аеротенк-відстійник	125	Очищення стічних вод підприємств масложирової промисловості	406
Аеротенк-змішувач	124	Очищення стічних вод підприємств мікробіологічної промисловості	440
Аеротенки	119,296, 304,566	Очищення стічних вод підприємств молочної промисловості	386
Аеротенк-прояснювач	126	Очищення стічних вод підприємств м'ясної промисловості	380
Аерування	97	Очищення стічних вод підприємств пивоварної та безалкогольної промисловості	399
Аміак	97, 98, 232	Очищення стічних вод підприємств плодоовочевої та консервної промисловості	407
Анаеробні зброджувачі	134	Очищення стічних вод підприємств цукрової промисловості	401
Атмосферні води	12	Очищення стічних вод фабрик штучних технічних шкір	378
Барабанні сітки	242, 253	Очищення стічних вод хлібопекарської, макаронної, кондитерської промисловості	403
Барботажні установки	260	Очищення стічних вод хутряної фабрики	453
Баштові біофільтри	111	Очищення стічних вод шкіряних заводів	367
Безповоротне водоспоживання	5, 7	Очищення стоків коксохімічних заводів	338
Безповоротні втрати	7, 13		
Біогенні добавки	81		
Біологічні обростання поверхонь	419		
Біологічні ставки	147, 230, 285, 560		
Біологічні фільтри	107,406,562		
Біотенк-відстійник	129		
Бункери для піску	42		
Вакуумні флотаційні установки	175		
Вигріб вбиралень	297		
Видалення з води сполук фосфору	232, 293		
Визначення розмірів збитків від забруднення поверхневих вод	597		
Використання стічних вод в сільському господарстві	463		
Випарні установки	220		
Виробничі стічні води	17, 18		
Біофільтри високого навантаження	111,564		
Високопродуктивний аеротенк	127		
Віброфільтри	510		
Відстійники	47,566		
Відстійники-прояснювачі	60		
Відстоювання	47		
Вловлювачі жиру	299		
Вміст завислих речовин	24		
Вміст шкідливих речовин	23		

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Внутрішня норма дохідності 592
Водовідвідні системи 5
Газгольдери 491
Гальванічні цехи 94, 104
Гама-опромінення 280
ГДК забруднюючої речовини 20
Гідравлічне навантаження 109, 131
Гідроциклон 42,61
Глибина очищення 40
Гнойові стічні води 321
Густина розчинів коагулянтів 76
Грати 41
Двоярусні відстійники 48, 574
Дегазаційні установки 97
Дегельмінтизація кеку 577
Декантерні центрифуги 67
Денітрифікація 232
Дискові біофільтри 117
Дистиляційне знесолення 223
Дозування вапняного молока 79
Доочищення води від сполук азоту 270,272,276
Доочищення стічних вод 228,232, 242,421
Допустима концентрація (ДК) 22
Допустимі концентрації речовин 19,20
Дощові води 9, 10
Евапораційні установки 202
Експлуатація каналізаційних насосних і повітродувних станцій 581
Експлуатація повітродувних і компресорних установок 583
Експлуатація споруд біологічного очищення в природних умовах 559
Експлуатація споруд механічного очищення стічних вод 555
Екстракційні установки 198
Електродіаліз 185,224
Електрокоагуляція 180
Електролітичне вилучення металів 185
Електрофлотація 172
Електрохімічні методи очищення стічних вод 178
Ефективність інновацій 588
Заводи кольорової металургії 13
Заводи основної хімії 14
Заводи чорної металургії 14
Загальні питання організації експлуатації 550
Заповнювач з торфу 115
Збудники захворювань 24
Зернистий фільтр 228, 279
Зневоднення осадів за низьких температур 516
Знезаражування озоном 88
Знесолення 213,421
Ізотерма сорбції 206
Імпелерна флотація 177
Індекс прибутковості 592, 594
Іонообмінні установки 211,213, 216,455
Камера нейтралізації 78
Кільця Рашига 87,99
Коагулювання домішок 70,264
Коефіцієнти годинної нерівномірності 15
Питомі витрати води 13
Підготовка осадів 576
Піскоуловлювачі 42
Плазма газового розряду 283
Плата за скид промислових стічних вод 606
Пневматична флотація 170
Побутові води 9, 10
Повне біологічне очищення 10, 287
Поглинаючі колодязі 138
Полив напуском по борознах 147
Полімерний заповнювач 112
Поля зрошування 138,143,145
Порядок розроблення проектної документації 543
Послідовне використання води 413
Проект 543
Проект організації будівництва 547
Промивка фільтруючого шару 241
Процес десорбції 95
Прямоточне використання води 413
Птахофабрики 320, 326
Реакція нейтралізації 32
Режим водовідведення 15
Рибні ставки 148, 152
Рідинний сепаратор 68
Річні експлуатаційні витрати 596
Робоча документація 543
Розпад органічних речовин 36
Розрахункова концентрація лугу 33
Розрахункове наповнення для труб 26
Розрахункові витрати 15
Розрахункові створи 29
Розчинений кисень 35
Розчинність повітря у воді 159
Самоочищення водойм 10,26,34
Септики 299
Системи підземного фільтрування 138, 296
Сірководень 98,100, 101
Сірковуглець 101,102
Складування осадів і твердих відходів виробництва 535
Собівартість послуг водопостачання та водовідведення 584
Солі заліза 72
Сорбційні установки 205
Спалювання осадів 503,525
Споруди малої продуктивності 294,314
Ставки гідрофітові 153
Ставки Лемна 153
Стічні води автотранспортних підприємств 360
Стічні води виробництва смол, лаків і фарб 352
Стічні води фабрик первинної обробки вовни 362
Струминний аератор 120, 132
Ступінь очищення стічних вод 10,18,28

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Коксохімічні заводи 13
Компактні установки 103,307
Концентрації забруднюючих речовин 12, 20
Концентрація розчиненого кисню 38,30
Краплинні біофільтри 109
Кристалізаційні установки 195
Магнітний відстійник 189
Магнітний силовий фактор 189
Максимальна температура стічних вод 31
Малі поселення 290,293
Машинобудівні й автомобільні заводи 15,354
Мембранні установки 256
Метантенки 489,570
Методи очищення 45,294,295
Методи очищення стічних вод спиртових, лікеро-горілчаних, дріжджових і крохмально-паточних заводів 393
Механічне зневоднювання осадів 503, 515
Мікрофільтри 256
Мулові і піскові майданчики 533
Найменша глибина закладення 27
Найпростіші методи очищення 297
Напірна флотація 158,160
Нафтовловлювачі 51
Нафтопереробні заводи з нафтохімічними виробництвами 5,14
Нафтопродукти 14, 24
Нафтопромисли 14,342,432
Необхідний ступінь очищення стічних вод 28,29,30
Нітрифікація 232,271
Норма водовідведення 13,15
Нормативний коефіцієнт економічної ефективності 596
Оборотне водопостачання в промисловості 5,7, 438,441
Обробка осадів виробничих стічних вод 477
Озонатор трубчастого типу 83
Озонаторні установки 82,267
Окситенк 130
Організація експлуатації 552
Основні техніко-економічних показники робочого проекту 548
Особливості режиму зрошення стічними водами 472
Особливості утилізації гною і гноївки на фермах 538
Очищення гнойових стічних вод 323
Очищення гноївки в штучних умовах 326,327
Очищення стічних від танідів 367, 374
Очищення стічних вод від СПАР 371,432
Очищення стічних вод від сульфідів 372,376
Очищення стічних вод заводів легкої промисловості 450
Сумісне водовідведення 10
Сушіння осадів під вакуумом 520,521
Схеми водопостачання 6
Тваринницькі комплекси 320
Текстильні підприємства 15
Теплова обробка осадів 512
Термін окупності 592
Термін окупності інвестицій 593, 594
Термічне сушіння осадів 517,580
Тетраетилсвинець 87
Технологічні схеми очищення виробничих стічних вод 428
Технологія магнітно-реагентного очищення 189
Токсичні речовини 24
Тривалість аерації 120
Ультразвук 280,282
Ультрафіолетове випромінювання 228,284
Умови повторного використання стічних вод в промисловості 420
Усереднювач 43,45
Установки з вакуум-фільтрами 498
Установки з фільтрпресами 503
Установки нейтралізації 76
Утилізація гноївки в грунті 326
Утилізація гною і гноївки ферм 324
Утилізація осадів стічних вод 495
Ущільнення осадів 480,484
Фенолмісткі стічні води 87,94
Поля фільтрації 138, 139
Фільтри грунтові 139
Фільтри з плаваючим фільтруючим шаром 239,251,285
Фільтрування води 228, 253, 254, 256
Фільтруючий колодязь 295,298,302
Фільтруючий шар 109,151,303
Флокуляція 76, 158
Флотатор-відстійник 168
Флотація 170,228, 231,481
Хімічна флотація 174
Хлорування стічних вод 89,270,282
Целюлозно-паперові заводи 14
Центрифуги 61,487,488, 579
Циркуляційні окисні канали 134,294,306
Ціаністі сполуки 84
Чистий дисконтований дохід 592, 593
Швидкість видалення газів 98
Швидкість коагулювання 74
Якість оборотної води 414

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Національний університет
водного господарства
та природокористування

		Стор.
	Вступ	3
1.	**Особливості водовідведення та очищення стічних вод промислових підприємств……..……..**	5
1.1.	Загальні відомості про водовідведення промислових підприємств ……..…	5
1.2.	Особливості водовідвідних систем промислових підприємств ……..……	8
1.3.	Загальні відомості про склад стічних вод промислових підприємств ……..	12
1.4.	Розрахункові витрати виробничих стічних вод. Режим водовідведення..	15
1.5.	Умови випуску виробничих стічних вод в міську водовідвідну мережу ….	18
1.6.	Умови випуску виробничих стічних вод в водойми ……..……	23
1.7.	Особливості мереж промислового водовідведення ……..……	25
1.8.	Визначення необхідного ступеня очищення виробничих стічних вод ..	28
1.9.	Здатність водойм до самоочищення..	34
	Контрольні питання ……	*38*
	Література ……	38
2.	**Класифікація методів очищення стічних вод. Попередня підготовка виробничих стоків та методи механічного їх очищення ……**	40
2.1.	Глибина очищення виробничих стічних вод ……..…	40
2.2.	Попередня підготовка стоків ..…..…	41
2.2.1.	Вилучення зі стічних вод великих домішок ……..……	41
2.2.2.	Вилучення зі стічних вод піску ..……	42
2.2.3.	Усереднення стоку за його якістю та кількістю ……..……..……	43
2.3.	Методи очищення виробничих стічних вод……..……	45
2.4.	Відстоювання……..……..	47
2.4.1.	Загальні відомості ..……..……	47
2.4.2.	Відстійники ..……	49
2.4.3.	Спеціальні відстійники для виробничих стічних вод ……..…….	51
2.4.4.	Відстійники-прояснювачі …….…….	60
2.5.	Гідроциклони і центрифуги ..……	61
2.5.1.	Гідроциклони ……..……	61
2.5.2.	Центрифуги…….….....	65
	Контрольні питання……	*68*
	Література ……	69
3.	**Технологія обробки стічної води хімічними реагентами ……..……..**	70
3.1.	Коагулювання домішок води ……....	70
3.1.1.	Загальні відомості ……...	70
3.1.2.	Коагуляція при очищенні стічних вод	71
3.2.	Установки нейтралізації і реагентної обробки стоків …….....	76
3.3.	Озонаторні установки……..……..…..	82
3.3.1.	Приготування та використання озону	82
3.3.2.	Очистка стічних вод озоном…….…...	84
3.3.3.	Знезаражування стічних вод озоном..	88
3.4.	Установки для хлорування стічних вод ……	89
3.4.1.	Загальні відомості……..……..	89
3.4.2.	Установки для знезаражування стічних вод хлором……..……..	91
3.4.3.	Очищення стічних вод від фенолів, крезолів і ціанідів активним хлором..	94
3.5.	Аерування стічних вод ……...……...	95
3.5.1.	Аерування……..……..……..	95
3.5.2.	Аераційні і дегазаційні установки.....	97
3.5.3.	Дегазатори для видалення зі стічних вод сірководню, сірководню і інших розчинених газів……...	101
3.6.	Компактні установки для очищення стічних вод……..……..……	103
	Контрольні питання……	104
	Література……	105
4.	**Технологічні прийоми біологічного очищення стічних вод промислових підприємств……..……..**	107
4.1.	Біологічні фільтри…..……..	107
4.1.1.	Загальні відомості ……..……..	107
4.1.2.	Краплинні біофільтри…..……	109
4.1.3.	Біофільтри високого навантаження та баштові біофільтри ……..….	111
4.1.4.	Біофільтри з заповнювачем із полімерних матеріалів ……..……..…	112
4.1.5.	Розрахунок зрошувальних систем біофільтрів……..……..	113
4.1.6.	Дискові біофільтри……..……	117
4.2.	Аеротенки ……..……..……..	119
4.2.1.	Загальні положення……..……..……	119
4.2.2.	Конструкції аеротенків……..……..	123
4.2.3.	Аеротенки-прояснювачі…..……..……	126
4.2.4.	Аеротенки з високими дозами активного мулу ……..……..……	127
4.2.5.	Аеротенки з низьконапірною аерацією ……..	129
4.2.6.	Аеротенки з пластмасовим фільтрувальним шаром……..……..	129
4.2.7.	Аеротенки з застосуванням технічного кисню (окситенки)……..…...	130
4.2.8.	Аеротенки із системою аерації «затопленим струменем» ……..….	132
4.2.9.	Застосування в аеротенках механічних і пневмомеханічних аераторів ...	133
4.2.10.	Анаеробні зброджувачі стічних вод ..	134
4.2.11.	Циркуляційні окисні канали (ЦОК)	136
4.3.	Споруди біологічного очищення стічних вод у природних умовах …..	138
4.3.1.	Поля фільтрації……..……..…	139
4.3.2.	Поля зрошення……..……	145
4.3.3.	Біологічні ставки……..……	147
	Контрольні питання……	154
	Література……	155

Національний університет водного господарства та природокористування

		Стор.
5.	**Флотація. Технологічні прийоми очищення стічних вод в електричному та магнітному полях**	157
5.1.	Фізико-хімічні основи флотаційного процесу	157
5.1.1.	Умови протікання процесу флотації	157
5.1.2.	Флотація в технології очищення стічних вод	158
5.1.3.	Закономірності флотаційного процесу	162
5.2.	Установки напірної флотації для очищення стічних вод від нафтопродуктів	165
5.3.	Пневматична флотація	170
5.4.	Електрофлотація	172
5.4.1.	Сутність методу електрофлотації	172
5.4.2.	Електрофлотаційна установка для очищення миючих розчинів нафтобаз	172
5.5.	Хімічна флотація	174
5.6.	Вакуумні флотаційні установки	175
5.7.	Установки імпелерної флотації для виділення зі стічних вод механічних домішок і нафтопродуктів	177
5.8.	Технологія очищення стічної води в електричному полі	178
5.8.1.	Електрохімічні методи очищення стічної води	178
5.8.2.	Електрокоагулювання	180
5.8.3.	Електродіаліз, електрохімічне окиснення та електролітичне вилучення із розчинів металів	185
5.8.4.	Очищення стічних вод від хрому і іонів інших важких металів в електрокоагуляторах	187
5.9.	Технологія магніто-реагентного очищення стічної води	189
	Контрольні питання	193
	Література	194
6.	**Технологічні прийоми кондиціювання стічних вод**	195
6.1.	Кристалізація розчинів	195
6.1.1.	Параметри процесу кристалізації	195
6.1.2.	Кристалізаційні установки	196
6.2.	Екстракційні установки	198
6.2.1.	Загальні відомості	198
6.2.2.	Екстракційні установки	201
6.3.	Евапораційні (паровідгінні) установки	202
6.4.	Сорбційні установки	205
6.4.1.	Загальні відомості	205
6.4.2.	Установки для сорбції домішок з стічних вод активованим вугіллям	209
6.5.	Іонообмінні установки	211
6.5.1.	Локалізація домішок стічних вод на іонітах	211
6.5.2.	Іонообмінні установки	216
6.6.	Знесолювальні, випарні, дистиляційні і електродіалізні установки	219
6.6.1.	Загальні відомості	219
6.6.2.	Випарні установки	220
6.6.3.	Установки дистиляційного знесолення	223
6.6.4.	Електродіалізні знесолюючі установки	224
	Контрольні питання	226
	Література	227
7.	**Доочищення стічних вод**	228
7.1.	Ефективність і область застосування існуючих методів доочищення стічних вод	228
7.2.	Доочищення стічних вод на зернистих фільтрах	232
7.2.1.	Теоретичні дослідження процесу фільтрування води	232
7.2.2.	Конструктивні особливості зернистих фільтрів для доочищення стічних вод	242
7.3.	Доочищення води на пористих елементах	253
7.3.1.	Фільтрування води через пласкі пористі перетинки	253
7.3.2.	Барабанні сітки	255
7.3.3.	Мікрофільтри	256
7.3.4.	Мембранні установки	256
7.4.	Барботажні установки для доочищення стічних вод	260
7.5.	Коагуляційні і сорбційні установки для доочищення стічних вод від важкоокислюваних домішок	264
7.5.1.	Коагулювання в схемах доочищення стічних вод	264
7.5.2.	Сорбційні установки	265
7.6.	Озонаторні установки для доочищення біологічно очищених виробничих стічних вод	267
7.7.	Очищення стічних вод від сполук азоту і фосфору	266
7.7.1.	Установки для видалення з води сполук фосфору	268
7.7.2.	Установки для доочищення води від сполук азоту	270
7.7.3.	Нітрифікація і денітрифікація	272
7.7.4.	Віддування аміаку повітрям	276
7.8.	Фотобіореактори для доочищення стічної води від біогенних елементів і знезараження	277
7.9.	Іонний обмін	278
7.10.	Застосування ультрафіолетового опромінення, ультразвуку, гама-опромінення в технології очищення стоків	280
7.11.	Обробка стічної води плазмою газового розряду	283
7.12.	Споруди для глибокого очищення стічних вод	284
7.12.1.	Доочищення стічних вод в біологічних ставках	285

Національний університет
водного господарства
та природокористування

		Стор.
7.12.2.	Доочищення стічних вод на механічних фільтрах	285
7.12.3.	Знезаражування стічних вод хлором	286
	Контрольні питання	287
	Література	288
8.	**Очищення стічних вод підприємств, розташованих в малих поселеннях**	290
8.1.	Кількість і склад стічних вод	290
8.1.1.	Побутові стічні води	290
8.1.2.	Виробничі стічні води	291
8.2.	Технологічні прийоми очищення стічних вод	293
8.3.	Найпростіші методи очищення стічних вод	297
8.3.1.	Тимчасові споруди	297
8.3.2.	Вловлювачі жиру	299
8.3.3.	Септики	299
8.3.4.	Відведення стічних вод у грунт	302
8.4.	Очищення стічних вод в штучних умовах	303
8.4.1.	Механічне очищення стоків	303
8.4.2.	Очищення стічних вод з використанням активного мулу	304
8.4.3.	Установки, що працюють за методом повного окислення	308
8.4.4.	Установки, що працюють за методом аеробної стабілізації надлишкового активного мулу	312
8.5.	Приклади технологічних схем очищення стічних вод	317
8.6.	Джерела утворення, характеристика та прийоми очищення стічних вод тваринницьких комплексів та птахофабрик	320
8.7.	Утилізація гною і гноївки ферм	324
8.7.1.	Характеристика гноївки	324
8.7.2.	Утилізація гноївки в грунті	326
8.7.3.	Очищення гноївки в штучних умовах	327
	Контрольні питання	329
	Література	330
9.	**Технологічні схеми очищення стічних вод промислових підприємств**	332
9.1.	Очищення стічних вод заводів хімічних волокон	332
9.1.1.	Характеристика стічних вод підприємств виготовлення штучних волокон	332
9.1.2.	Очищення стічних вод	333
9.2.	Очищення стічних вод заводів синтетичного каучуку і суміжних нафтохімічних виробництв	336
9.2.1.	Характеристика стічних вод	336
9.2.2.	Системи відведення і очищення стічних вод	337
9.3.	Очищення стоків коксохімічних заводів	338
9.4.	Очищення стічних вод нафтопереробних заводів, нафтопромислів і нафтобаз	342
9.4.1.	Характеристика стічних вод	342
9.4.2.	Системи виробничої каналізації	344
9.4.3.	Локальне очищення стічних вод	346
9.4.4.	Механічне очищення стічних вод	348
9.4.5.	Біологічне очищення стічних вод	350
9.5.	Очищення стічних вод виробництва смол, лаків і фарб	352
9.6.	Стічні води заводів машинобудівної промисловості	354
9.7.	Автотранспортні підприємства	360
9.8.	Фабрики первинної обробки вовни	362
9.9.	Шкіряні заводи	366
9.9.1.	Джерела утворення, кількість і характеристика стічних вод	366
9.9.2.	Очищення стічних вод шкіряних заводів	367
9.9.3.	Очищення стічних вод з підвищеним вмістом СПАР	371
9.9.4.	Очищення стічних вод шкіряних заводів із підвищеною концентрацією сульфідів	372
9.9.5.	Локальне очищення стічних вод від танідів	374
9.10.	Заводи первинної обробки льону	376
9.10.1.	Кількість і характеристика стічних вод	376
9.10.2.	Методи очищення стічних вод	377
9.11.	Фабрики штучних технічних шкір	378
9.12.	Технологічні схеми очищення стічних вод підприємств м'ясної промисловості	380
9.12.1.	Склад та кількість стічних вод	380
9.12.2.	Системи і схеми виробничої каналізації	382
9.12.3.	Локальне очищення стічних вод	382
9.12.4.	Обробка уловленого жиру і осаду	386
9.13.	Підприємства молочної промисловості	386
9.13.1.	Джерела утворення стічних вод, їхня кількість і характеристика	386
9.13.2.	Схеми каналізації і методи очищення стічних вод	387
9.14.	Джерела утворення і методи очищення стічних вод спиртових, лікеро-горілчаних, дріжджових і крохмально-паточних заводів	393
9.15.	Стічні води підприємств виноробної промисловості	396
9.16.	Стічні води підприємств пивоварної та безалкогольної промисловості	399
9.17.	Стічні води підприємств цукрової промисловості	401
9.18.	Стічні води підприємств хлібопекарської, макаронної, кондитерської промисловості	403
9.19.	Стічні води підприємств масложирової промисловості	405
9.20	Стічні води підприємства плодоовочевої консервної промисловості	407
	Контрольні питання	410

Національний університет
водного господарства
та природокористування

		Стор.
	Література ……	412
10.	**Технологічні схеми підготовки стічних вод для повторного їх використання …**	413
10.1	Застосування оборотного водопостачання в промисловості…….	413
10.2.	Вимоги до якості води в системах водопостачання промислових об'єктів та методи його забезпечення	415
10.3.	Умови повторного використання стічних вод в промисловості ...……	420
10.4.	Технологічні схеми отримання технічної води із біологічно очищених стічних вод……..…….	422
10.5.	Комбіновані технологічні схеми біологічного та фізико-хімічної очищення стічних вод ……..…..…	425
10.6.	Технологічні схеми очищення виробничих стічних вод ……..……	428
10.6.1.	Технологічні схеми очищення виробничих стічних вод виробництва синтетичних волокон …….....	428
10.6.2.	Очищення стічних вод заводів пластмас……	430
10.6.3.	Очищення стічних вод нафтопромислів, нафтобаз ……..…..…	432
10.6.4.	Очищення стічних вод підприємств гумової промисловості ……..….	438
10.6.5.	Очищення стічних вод підприємств мікробіологічного промисловості і підприємств з виробництва лікарських препаратів ……..……	440
10.6.6.	Очищення стічних вод промивочно-пропарювальних станції залізничних цистерн……..…..……	446
10.6.7.	Очищення стічних вод заводів легкої промисловості ……..…..	448
10.6.8.	Хутрові фабрики……	450
10.6.9.	Джерела утворення і методи очищення стічних вод підприємств рибної промисловості……..……	453
10.7.	Технологічні схеми глибокого очищення стічних вод……	455
10.7.1.	Очищення стічних вод з застосуванням технології їх сорбційного та іонообмінного кондиціювання …….	455
10.7.2.	Технологічні схеми очищення стічних вод від ПАР, барвників та інших речовин ……..……	460
10.7.3.	Технологічна схема адсорбційного очищення стічних вод хлорорганічних виробництв ……..…..	462
10.8.	Використання стічних вод в сільському господарстві …..…….	463
10.8.1.	Історичний досвід використання стічних вод в іригації …….	463
10.8.2.	Стічні води міст та їх доочищення на полях зрошення..……..…..……	465
10.8.3.	Вибір ділянок для будівництва зрошувальних систем……..…..……	466
10.8.4.	Оцінка придатності міських стічних вод для утилізації на полях зрошення	468
10.8.5.	Особливості режиму зрошення стічними водами ……..…..……	472
	Контрольні питання……	474
	Література……	475
11.	**Обробка осадів виробничих стічних вод ……**	477
11.1.	Види, склад і властивості осадів міських стічних вод……..…..…	477
11.2.	Ущільнення осадів……..…..……	480
11.2.1.	Характеристика процесу……..…..	480
11.2.2.	Флотаційні ущільнювачі мулу……..	484
11.2.3.	Установки для згущення осадів у сепараторах……..…..……	486
11.3.	Метантенки……..…..….	489
11.4.	Газгольдери……..….....	491
11.5.	Аеробні стабілізатори осадів……..…	492
11.6.	Утилізація осадів стічних вод….....	495
11.7.	Установки механічного зневоднювання осадів ……..…	496
11.7.1.	Загальні відомості……..…….	496
11.7.2.	Установки з вакуум-фільтрами ..…..	498
11.7.3.	Установки з фільтрпресами ……...	503
11.7.4.	Установки з листовими фільтрами …	506
11.7.5.	Збезводнювальні установки із центрифугами ..…….……	508
11.7.6.	Установки з віброфільтрами ……..…	510
11.8.	Споруди для теплової обробки осадів	512
11.8.1.	Установки теплової обробки осадів під тиском ……..…..…	512
11.8.2.	Зневоднення осадів за низьких температур ……..……..	516
11.8.3.	Барабанні сушарки і сушарки із зустрічними струменями ……..….	517
11.8.4.	Вакуум-сушарки…..……..…..…	520
11.9.	Установки дегельмінтизації осадів ...	524
11.10.	Установки для спалювання осадів …	525
11.10.1.	Загальні відомості ……..….....	525
11.10.2.	Установки з печами киплячого шару	527
11.10.3.	Установки із багатоподовими печами	529
11.10.4.	Установки з барабанними обертовими і із циклонними печами ……	531
11.11.	Мулові і піскові майданчики ……..…	533
11.12.	Земляні ємності для накопичення стічних вод, складування осадів і твердих відходів виробництва ……..	535
11.13.	Особливості утилізації гною і гноївки на фермах ……	538
11.13.1.	Характеристика гноївки ……..……..	538
11.13.2.	Утилізація гноївки в ґрунті ……	540
	Контрольні питання……	541
	Література ……	542
12.	**Проектування, будівництво і експлуатація об'єктів водовідведення промислових підприємств ……**	543
12.1.	Проектування об'єктів промислового водовідведення…….	543

Національний університет
водного господарства
та природокористування

		Стор.
12.1.1.	Порядок розроблення проектної документації	543
12.1.2.	Проект	544
12.1.3.	Робоча документація	545
12.1.4.	Склад та структура матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище	545
12.1.5.	Основні техніко-економічні показники робочого проекту	546
12.2.	Будівництво об'єктів водовідведення промислових підприємств	547
12.2.1.	Проект організації будівництва	547
12.2.2.	Організація будівництва систем водовідведення промислових об'єктів	548
12.3.	Загальні питання організації експлуатації	550
12.3.1.	Функції управління системою водовідведення промислових підприємств	549
12.3.2.	Організація експлуатації системи водовідведення промислового підприємства	552
12.3.3.	Умови роботи очисних споруд міської і промислової каналізації	553
12.3.4.	Організація контролю за роботою очисної станції	554
12.4.	Експлуатація споруд механічного очищення стічних вод	555
12.4.1.	Грати	555
12.4.2.	Піскоуловлювачі	556
12.4.3.	Первинні відстійники	558
12.5.	Експлуатація споруд біологічного очищення в природних умовах	559
12.5.1.	Поля фільтрації	559
12.5.2.	Біологічні ставки	560
12.5.3.	Біологічні фільтри	562
12.5.4.	Аеротенки	566
12.5.5.	Вторинні відстійники	569
12.6.	Експлуатація споруд обробки і знешкодження осадів	570
12.6.1.	Метантенки	570
12.6.2.	Прояснювачі-перегнивачі	572
12.6.3.	Двоярусні відстійники	574
12.6.4.	Зневоднення і сушка осадів	575
12.7	Експлуатація каналізаційних насосних і повітродувних станцій	581
12.7.1.	Організація експлуатації насосних станцій	581
12.7.2.	Експлуатація повітродувних і компресорних установок	583
12.8.	Економічні питання експлуатації об'єктів водовідведення промислових підприємств	584
12.8.1.	Собівартість послуг водопостачання та водовідведення	584
12.8.2.	Ефективність інновацій у системах промислового водовідведення	588
12.9.	Еколого-економічні питання об'єктів водовідведення промислових підприємств	597
12.9.1.	Визначення розмірів збитків від забруднення поверхневих вод	597
12.9.2.	Розрахунок розмірів збитків від забруднення поверхневих і морських вод скидами зворотних вод	599
12.9.3.	Визначення збитків від забруднення поверхневих вод скидами забруднюючих речовин	602
12.9.4	Плата за скид промислових стічних вод у системи водовідведення населених пунктів	606
	Контрольні питання	609
	Література	610
	Терміни та визначення	612
	Предметний покажчик	618
	Зміст	621

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Навчальне видання

Гіроль Микола
Гіроль Андрій
Гіроль Анна

Національний університет
водного господарства
та природокористування

ТЕХНОЛОГІЇ ВОДОВІДВЕДЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

Навчальний посібник

Друкується в авторській редакції

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Підписано до друку 2013 р. Формат
Папір друкарський № . Гарнітура Times. Друк різографічний.
Ум.-друк. арк.. Обл.-вид. арк..
Тираж прим. Зам. №

Видавець і виготовлювач
Редакційно-видавничий центр
Національного університету
водного господарства та природокористування
33028, Рівне, вул..Соборна, 11

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до державного реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції РВ №31 від 26.04.2005 р.