

Лекція 12. Десорбція летучих неорганічних домішок

8.1. Загальні відомості.

8.2. Десорбція в струмі інертного газу.

8.3. Десорбція при нагріванні розчинів.

8.4. Приклади десорбційної очистки стічних вод.

Мета лекції: ознайомлення з методами десорбції, засвоєння методу десорбції в струмені інертного газу, набуття навичок вибору методів для очищення стоків від летучих неорганічних домішок.

1. Загальні відомості. Стічні води багатьох виробництв містять летючі неорганічні забруднення, такі як: сірководень, діоксид сірки, аміак, діоксид вуглецю й ін. Концентрація їх у стоках звичайно становить 0,1-1,0 г/л, тоді як ГДК у воді водойм, наприклад, для сірководню дорівнює 0, а для аміаку й сірковуглецю - 0,1 мг/л.

Крім того, багато хімічних речовин, що забруднюють стічні води, є коштовними хімічними продуктами. Тому вкрай бажане повернення їх у виробництво.

Виділення розчиненого газу з розчину називають процесом десорбції. Вона обумовлена більш високим парціальним тиском газу над стічною водою, чим у навколишнім середовищі.

Виділення розчинних летючих домішок зі стічних вод методом десорбції здійснюється шляхом природної дегазації через відкриту водну поверхню або штучної дегазації в спеціальних дегазаторах.

Природна десорбція відбувається звичайно у відкритих відстійниках або ставках при тривалому перебуванні в них стічних вод. Швидкість десорбції при цьому залежить від температури й вологості повітря, швидкості вітру, площі дзеркала й глибини водойми.

Ефективність природної десорбції, як правило, не перевищує 50-60% навіть при дуже тривалому перебуванні води у відкритих спорудах. Наприклад, при невеликих концентраціях сірковуглецю й сірководню у вихідній воді тривалість природної десорбції становить 3-5 доби.

Істотні недоліки природної десорбції, а саме: більші площі очисних споруд, безповоротні втрати коштовних речовин, забруднення атмосферного

повітря, роблять метод природної десорбції мало придатним для широкого застосування.

Звичайно для витягу зі стічних вод летючих домішок застосовують адсорбцію в штучних умовах. Залежно від сполуки стічних вод, властивостей летючих домішок, необхідного ефекту очистки й способу наступної регенерації домішок, її проводять у струмі інертного газу або випарювання розчину. Часто ці методи комбінують, а також застосовують десорбцію під вакуумом.

2. Десорбція в струмі інертного газу. Десорбція в струмі інертного і є властиво десорбція. Найчастіше як такий інертний газ використовують повітря. Крім того, застосовують димові гази, азот, водяну пару й деякі інші гази.

Процес десорбції в струмі інертного газу проводять у десорберах різного типу - насадочних, розпилювальних, барботажних і пінних.

Насадочні апарати. Летючі речовини зі стічних вод видаляють при атмосферному тиску або під вакуумом.

Для десорбції при атмосферному тиску застосовують вентиляторні градирні. Вони являють собою круглі або прямокутні в плані колонні апарати з дірчастим днищем, на якому покладена насадка (кільця Рашига розмірами 25(25(3 або 50(50(5, дерев'яна хордова). Стічна вода за допомогою розподільної системи розприскується зверху й стікає тонкою плівкою по насадці. Повітря подається під днище.

Оптимальні параметри роботи насадочного десорбера залежать від властивостей і концентрації летучого компонента, сполуки домішок стічних вод, температури й необхідного ефекту очищення.

Для видалення CO_2 зі стічної води приймають такі параметри:

- витрата повітря на аерації - $15-20 \text{ м}^3/\text{м}^3$;
- щільність зрошення: кільця Рашига - $60 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \times \text{ч})$;
 хордова насадка - $40 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \times \text{ч})$.

При десорбції сірковуглецю й сірководню оптимальна витрата повітря становить $10\text{ м}^3/\text{м}^3$ при щільності зрошення $12\text{ м}^3/(\text{м}^2 \times \text{ч})$.

При роботі насадочних десорберів під вакуумом оптимальна питома витрата повітря при десорбції сірковуглецю й сірководню знижується до $3\text{ м}^3/\text{м}^2$, а щільність зрошення досягає $60\text{ м}^3/(\text{м}^2 \times \text{ч})$.

Необхідний напір вентилятора визначають із урахуванням втрат у насадці, розподільній решітці, а також на подолання місцевих опорів. Втрата напору в кільцях Рашига на 1 м висоти шаруючи насадки приймає 30 мм, а хордової насадки - 10 мм.

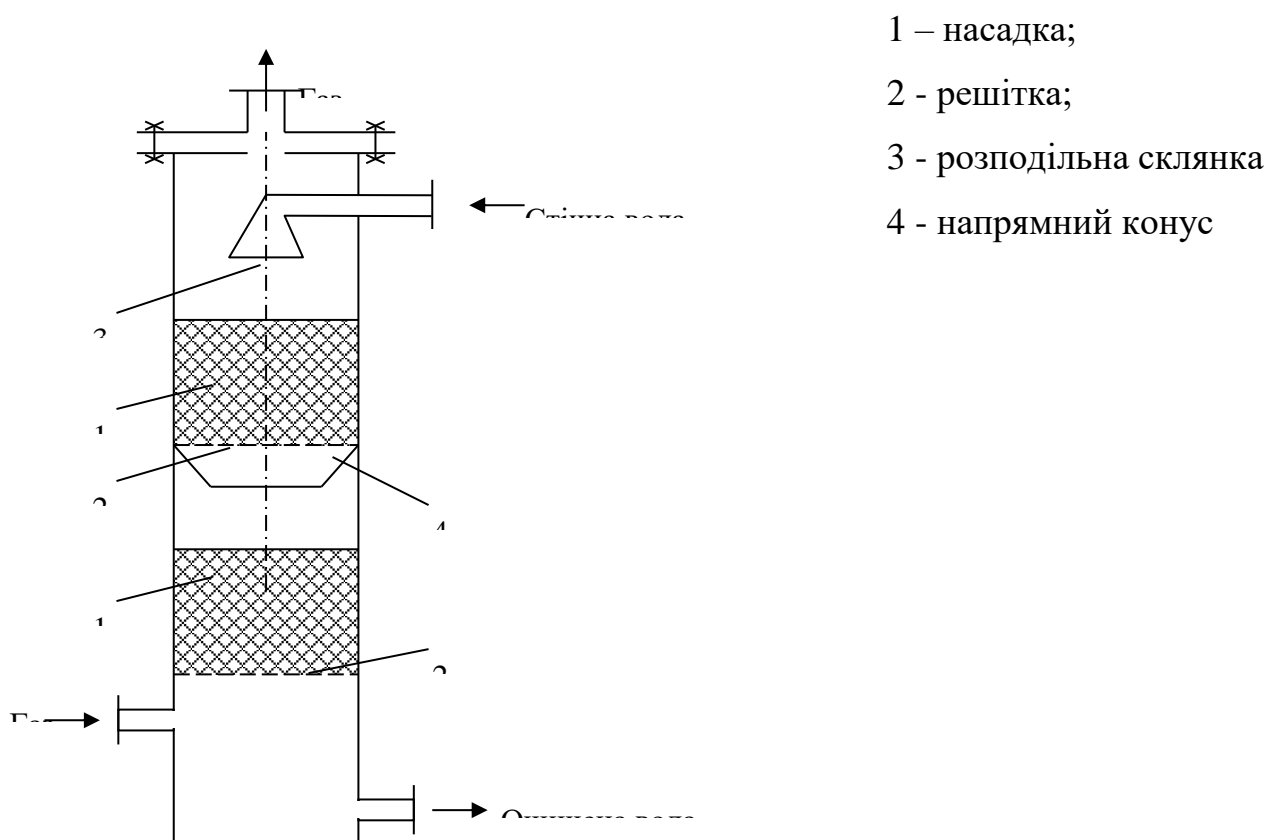
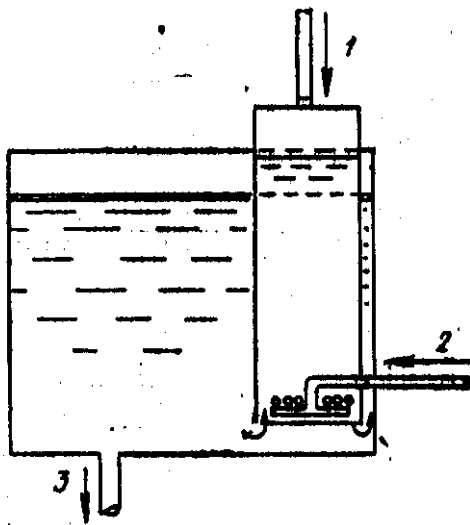


Рисунок 1- Насадочний апарат

Барботажні апарати. Для десорбції летючих домішок можуть застосовуватися апарати із суцільним барботажним шаром рідини й колонні апарати з ковпачковими, сітчастими й провальними тарілками. Достоїнством

барботажних апаратів (особливо із суцільним барботажним шаром рідини) є можливість очищення стічних вод, що містять зважені речовини.

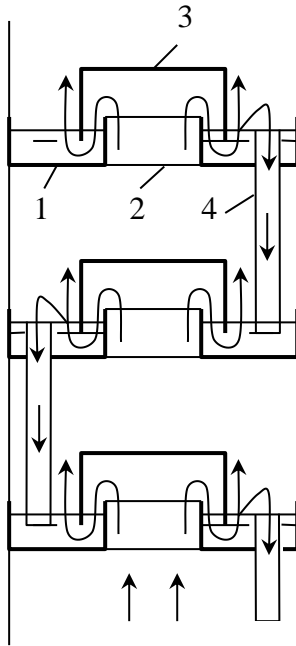


- 1 – підведення води;
- 2 - підведення повітря;
- 3 - відвід води.

Рисунок.2 - Барботажний дегазатор

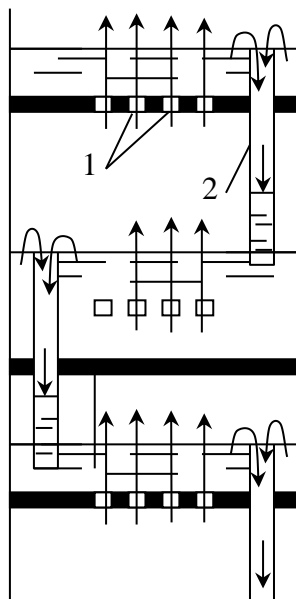
Процес десорбції здійснюється під вакуумом або при атмосферному тиску. Навантаження стічних вод на робочу площу барботера не повинна перевищувати $10 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \times \text{ч})$ при пневматичному барботированні й $25 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \times \text{ч})$ при дегазації під вакуумом. Інтенсивність подачі повітря відповідно становить 120 й $60 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \times \text{ч})$. Гасіння піни виробляється стічною водою, що розпорошує за допомогою сопів.

Ступінь десорбції стічних вод звичайно становить 98-99% (залишкова концентрація летучих речовин 0,5-1,5мг/л).



- 1 - тарілки;
- 2 - патрубки;
- 3 - ковпачки;
- 4 - переливні труби.

Рисунок 3 - Колона з ковпачковими тарілками



- 1 - отвори;
- 2 - переливні труби.

Рисунок 4 - Колона із сітчастими тарілками

Розпилювальні апарати. Видалення летючих компонентів зі стічних вод у десорберах цього типу відбувається в основному в момент розпилення рідини в газовій фазі й у процесі падіння краплі рідини в десорбері. Розпилення рідини роблять механічними або пневматичними форсунками й відцентровими розпилювачами. Висоту падіння краплі до решітки приймають 4-5 м. Звичайно ступінь очищення води в таких десорберах становить 80-85%.

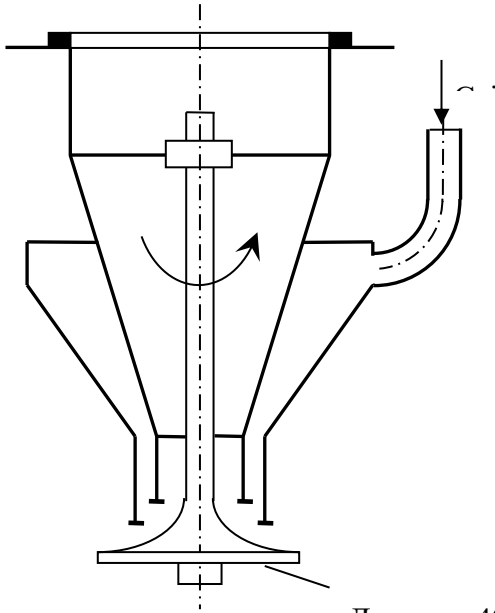


Рисунок 5 - Відцентровий розпилювач

Пінні апарати. Для інтенсифікації процесу десорбції розчинених газів проводять при пінному режимі.

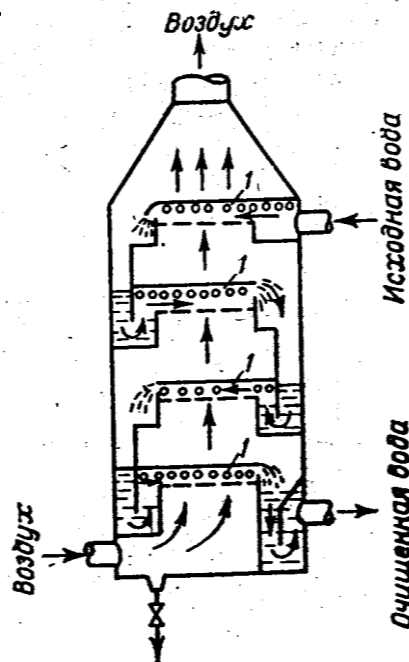


Рисунок 6 - Пінний апарат

Вода в десорбері рухається по решітці в горизонтальному напрямку, перетікаючи з однієї решітки на іншу через переточні (зливальні) труби або канали. Повітря подається за допомогою вентилятора під нижню решітку знизу нагору зі швидкістю, що забезпечує утворення на кожній решітці шар піни й запобігає «провалюванню» води крізь отвори решітки.

Розміри отворів решітки становлять 2-12 мм. Гідравлічний опір однієї 50-70 мм (залежно від висота шаруючи піни). Щільність зрошення досягає $200 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \times \text{ч})$ при швидкості газу 1,5-3 м/с.

3. Десорбція при нагріванні розчинів. При цьому методі десорбції в нижню частину десорбера (кип'ятильника) подається теплоносій - звичайно глуха пара. У кип'ятильнику стічна води частково випаровується, і отримані пари рухаються знизу нагору назустріч рідини, сприймаючи компонент, що виділяється зі стічної води. Таким чином, процес протікає так само, як при десорбції гострою парою, з тією відмінністю, що пара виходить із самої стічної води, яка десорбується а не вводиться ззовні.

Достоїнство даного методу полягає в одержанні летючих компонентів у концентрованому виді.

Для видалення розчинених газів зі стічних вод може бути використана установка миттєвого скипання. Вона складається з підігрівника стічної води й випарної камери. У закритому підігрівнику стічні води нагріваються до 120°C , а потім через редуційний клапан подаються у випарну камеру, у якій відбувається їхнє миттєве скипання й дегазація. Парогазова суміш, що утвориться, виводиться за межі камери.

4. Приклади десорбційної очистки стічних вод.

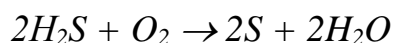
Десорбція діоксида вуглецю. Розчинність CO_2 у воді значна й становить 169 мг в 100 г води при 20°C , а при 5°C - 283 мг в 100 р.

Звичайно розчинений діоксид вуглецю видаляють аерацією. Вода, рівномірно насичена діоксидом вуглецю, при контакті з повітрям й 5°C містить 2,77 мг/л CO_2 , а при 20°C - 1,69 мг/л. Ці кількості є межею, до якого може бути зменшений зміст CO_2 десорбцією повітрям. Застосовувані для десорбції CO_2 з води насадочні колони (вентиляторні градирні) забезпечують залишковий вміст CO_2 в очищеній воді 3-4 мг/л при $5-8^\circ\text{C}$.

Десорбція сірководню. Вільний сірководень може бути присутнім у воді тільки при $\text{pH} \leq 5$. Тому практично повне видалення з води сульфідних

сполук можливо при підкисленні стічної води. Підкислення виробляється кислотами або шляхом продувки димовими газами, що містять CO_2 .

Сірководень ефективно видаляється з води аерацією в дегазаторах з насадкою з кілець Рашига. Причому одночасно з десорбцією відбувається окислювання частини H_2S до сірки:



Десорбція аміаку. Аміак добре розчиняється у воді при 20°C у 100г води розчиняється 51 г NH_3 . При $p > 10$ він перебуває у воді у вільному стані. При зниженні рН кількість вільного NH_3 зменшується за рахунок переходу в іон аміаку NH_4^+ .

Аміак десорбують зі стічних вод в умовах природної дегазації або при аерації з попереднім підлужуванням води, звичайно вапняним молоком до $\text{pH}=10,8-11,5$. Природна дегація здійснюється в ставках. У зимових умовах при швидкості вітру 8 км/год концентрацію NH_3 у стічній воді вдається знизити на 90%, пропускаючи стічну воду через 10 ставків із тривалістю перебування 1,5 доби в кожному. Інтенсивність десорбції аміаку в непротічному ставку нижче в 2-3 рази.

Ефективність видалення аміаку у відкритих градирнях при 20°C и щільності зрошення $2,5-7,5 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \times \text{ч})$ становить 55-90%. Однак утворення відкладень карбонату кальцію й забруднення атмосфери обмежує застосування цього способу очищення.

Питання для самоконтролю

1. Які недоліки природної десорбції?
2. Як відбувається процес десорбції в струмі інертного газу?
3. Як здійснюють десорбцію методом нагрівання?
4. Яка ефективність видалення аміаку за допомогою метода десорбції?
5. Яким способом видаляють сірководень із стічних вод?

ЛІТЕРАТУРНІ ДЖЕРЕЛА

1. Айрапетян Т. С. Технологія очистки промислових стічних вод : конспект лекцій Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. 73 с.

https://eprints.kname.edu.ua/45126/1/2016%2064%D0%9B%20%D0%A2%D0%9E%D0%9F%D0%A1%D0%92_%D0%BF%D0%B5%D1%87%D0%B0%D1%82%D1%8C.pdf.

2. Боброва Т.Б., Високос С.М., Глушко Ю.Ю., Сашко В.О., Терещенко Т.М., Черниш В.В. Водовідведення : навчальний посібник. Київ : Гурт, 2019 148 с.
URL:

<https://mon.gov.ua/storage/app/media/news/%D0%9D%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%BD%D0%B8/2020/04/28/1vodovidvedennya.pdf>.

3. Душкін С.С., Коваленко О.М., Благодарна Г.І. Експлуатація і ремонт водопровідно-каналізаційних систем : конспект лекцій. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. 165 с.

URL :

<https://eprints.kname.edu.ua/40512/1/2013%20%D0%BF%D0%B5%D1%87%20172%D0%9B%20%D0%94%D0%B5%D0%B3%D1%82%D1%8F%D1%80%20%D0%9C.%20%D0%BD%D0%B0%D0%B4%D1%96%D0%B9%D0%BD%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C.pdf>.

4. Прутцьков Д. В. Водопостачання та водовідведення промислових підприємств : навчальний посібник. Запоріжжя : ЗДІА, 2018. 200 с.

URL : <https://moodle.znu.edu.ua/course/view.php?id=8378¬ifyeditingon=1>.

5. Фельбер Г., М. Фішер М. ПОСІБНИК ОПЕРАТОРА КАНАЛІЗАЦІЙНИХ ОЧИСНИХ СПОРУД : переклад з німецької. Львів : ПАІС, 2020. 520 с.

URL :

file:///D:/%D0%9E%D0%BA%D1%81%D0%B0%D0%BD%D0%B0/%D0%A2%D0%9E%D0%A1%D0%92/%D0%9B%D1%96%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B0/ТВ_Klaerwaerter_Ukr_Vor.pdf.

6. Шадура В.О., Кравченко Н. В. Водопостачання та водовідведення : навчальний посібник. Рівне : НУВПГ, 2018. 344 с.