

*О.В. Вербовський, к.т.н., доцент (Національний університет "Львівська політехніка"),
А.В. Сибірний, к.б.н., А.Я. Регуш, (Львівський державний університет безпеки
життєдіяльності)*

КІНЕТИКА ЗНЕВОДНЕННЯ ОСАДІВ СТІЧНИХ ВОД

Для дослідження кінетики зневоднення осадів стічних вод використано емпіричні критеріальні рівняння, які дають кількісні залежності між безрозмірними комплексами і метод розмінностей для складання відповідних рівнянь на базі існуючих закономірностей. Кінетику пресування осадів вивчали на експериментальній лабораторній установці при різних значеннях тисків. В результаті обробки експериментальних даних отримано залежності, які дозволяють визначити вологість, швидкість фільтрування, товщину шару осаду стічних вод залежно від тиску і часу.

Ключові слова: осади, стічні води, зневоднення, кінетика, критеріальні залежності.

Однією з важливих проблем техногенно-екологічної безпеки є обробка осадів міських і виробничих стічних вод [1]. Розповсюдженою у всьому світі є механічна та аеробна біохімічна технологія їх очищення в реакторах різних конструкцій (аеротенках, біофільтрах, циркуляційних каналах тощо). В процесі механічного очищення необхідно видаляти завислі речовини (сирий осад), а в процесі біохімічного – надлишковий активний мул. Для комунальних стічних вод характерна кількість цих осадів 8-10 % від кількості стічних вод у співвідношенні 1:2. Такі осади можуть безконтрольно вивозитися на сільськогосподарські поля, змиватись у водойми. Значна кількість осадів, висока їх вологість, наявність органічних сполук, здатність швидко загнівати з виділенням неприємного запаху, неоднорідний склад та змінні властивості, бактеріальне забруднення ускладнює утилізацію осадів. Наявність в осадах важких металів обмежує застосування їх як добрив. Кінцевою метою обробки осадів стічних вод є перетворення їх на нешкідливий продукт, який не завдаватиме шкоди довкіллю і його можна буде використовувати для різних господарських потреб [2].

Обробка та знешкодження осадів стічних вод є надзвичайно складною проблемою. Ці осади мають великі об'єми (біля 1-4 % витрати очищуваних стічних вод; при цьому 60 -70 % загальної кількості осадів становить надлишковий активний мул), високу вологість, неоднорідний склад і змінні властивості, містять органічні речовини, які здатні швидко загнівати, різноманітні живі організми (в тому числі й патогенну мікрофлору та яйця гельмінтів). Проблема знешкодження осадів, актуальна ще й тому, що на сьогоднішній час осади нагромаджуються на території каналізаційних очисних споруд в шлаконагромаджувачах та відвалах. Часто осади стічних вод безконтрольно вивозяться на сільськогосподарські поля, трапляється викидання (або змивання) осадів у водойми. Все це погіршує екологічний стан біля міст і створює небезпеку для здоров'я людей. Основним шляхом вирішення проблеми кардинального покращення екологічної ситуації є утилізація осадів.

Тому обробка та знешкодження осадів каналізаційних очисних споруд є важливим питанням техногенно-екологічної безпеки держави.

Основне завдання обробки цих осадів полягає в отриманні кінцевого продукту, властивості якого забезпечують можливість його утилізації або зводять до мінімуму збитки довкіллю при його остаточному захороненні. На очисних спорудах застосовують такі процеси обробки осадів стічних вод: ущільнення (згущення), стабілізацію, кондиціонування, зневоднення, сушіння, термічну обробку, вилучення цінних продуктів або ліквідацію [3].

Сучасні технології обробки осадів з метою їх утилізації включають такі стадії [4]: згущення, стабілізацію, зневоднення, знезараження, компостування або спалювання.

Перші дві стадії не потребують реагентів і забезпечують вологість суміші осадів 97-98 %. Осади являють собою колоїдні суспензії, які практично не віддають вологу [3]. Перед зневодненням осади обробляють реагентами для звільнення 17-23 % колоїдно зв'язаної вологи: хлорним залізом (4 % від маси сухої речовини осаду) та вапняним молоком (10 % СаО від маси сухої речовини осаду). Для підсилення дії цих коагулянтів застосовують флокулянти – органічні сполуки з великою молекулярною масою. Тому з метою зменшення об'ємів осадів як для складування, так і для наступного спалювання їх зневоднюють до вологості 80-70 % за допомогою реагентної обробки флокулянтами з наступним фільтруванням. У всьому світі використовують флокулянти (високомолекулярні органічні сполуки) у вигляді гранул вартістю 5-7 доларів США за 1 кг при витратах 4-6 кг на 1 т сухої речовини осаду.

Найбільш відповідальним етапом обробки осадів є процес зневоднення осаду, який складається з процесу фільтрування і відтискання фільтрату. Осади стічних вод відносяться до важко фільтрованих суспензій.

Розділення висококонцентрованих сумішей відтисканням рідини широко застосовується в галузях хімічної, харчової промисловості [5, 6] та в технології очищення стічних вод.

Для дослідження кінетики зневоднення осадів стічних вод нами використовувались емпіричні критеріальні рівняння, які дають кількісні залежності між безрозмірними комплексами (1) [7]:

$$q = f(G, e, W, \mu, t, P, h), \quad (1)$$

де G - модуль стиснення осаду, Па; e - коефіцієнт пористості осаду; W - вологість осаду, мас. %; μ - в'язкість фільтрату, Па·с; t - тривалість процесу фільтрування, с; P - тиск рідини в порах; h - товщина шару осаду, м.

Для складання відповідних рівнянь на базі існуючих закономірностей нами було використано метод розмінностей.

З лінійного закону Дарсі виведена залежність швидкості фільтрування q (2):

$$[q] = \left[\frac{1}{\mu r} \cdot \frac{P}{h} \right] \quad (2)$$

Помноживши ліву і праву частини цього рівняння на t/h , одержимо таку формулу (3):

$$\frac{qt}{h} = a + b \cdot \left[\frac{P \cdot t}{\mu \cdot r \cdot h^2} \right]^m, \quad (3)$$

де a , b , m – експериментальні коефіцієнти.

Оскільки $q=f(e)$, а вологість осаду W залежить від коефіцієнта пористості e , ліву частину рівняння (3) можна замінити симплексом вологості $\frac{W_n - W}{W_n - W_k}$, де W_n , W_k – початкова і кінцева вологість осаду. Оскільки вологість існує при $P=0$, $t=0$, то кінцевий вигляд критеріального рівняння може бути таким:

$$\frac{W_n - W}{W_n - W_k} = A + B \left(\frac{P \cdot t}{\mu \cdot r \cdot h^2} \right)^n, \quad (4)$$

де A , B , n – експериментально знайдені коефіцієнти.

Згідно з рівнянням (4), відпадає необхідність визначати величини G , e , W . В той же час, кількісний вираз рівняння (4) дає змогу визначити швидкість фільтрування та вологість осаду в конкретних умовах. При цьому

$$r = r_0 - \alpha \cdot c^\beta, \quad (5)$$

де r_0 – питомий опір осаду без додавання реагентів, м⁻²; α і β – експериментально знайдені коефіцієнти.

Питомий опір осаду (здатність віддавати вологу) r_o визначається за формулою (5):

$$r_o = \frac{1}{h_{oc}} \left(\frac{\Delta \cdot P \cdot t}{\mu \cdot q} - R_{fn} \right) \quad (5)$$

де ΔP - тиск, при якому відбувалось фільтрування, Па; t - час фільтрування, с; h_{oc} - товщина шару осаду на фільтрувальній перетинці, м⁻¹; μ - в'язкість фільтрату, Па*с; $q = V/S$ - кількість фільтрату, отриманого з 1 м² поверхні фільтра, м.

Для інтенсифікації процесу зневоднення осадів стічних вод використовують хімічні реагенти – флокулянти. Механізм дії флокулянтів полягає в об'єднанні твердих частинок осаду у конгломерати (флокули), які вивільняються від колоїдно зв'язаної води. Для дослідження процесу зневоднення осадів було використано традиційний флокулянт поліакриламід ПАА із дозою 2 кг за сухою речовиною на тону осаду, що поступає на зневоднення.

Кількісний вираз (5) можна одержати обробкою кривих залежностей питомого опору r від дози реагенту.

Для вивчення кінетики пресування осадів був розроблений експериментальний стенд (рис. 1). Він складався із корпусу 1, штока 2, поршня 3. Зверху корпус закривався кришкою 4, яка була одночасно і направляючою для штока 2. Перфороване дно циліндра накривали фільтрувальною тканиною 6. Необхідний для експерименту тиск створювався за допомогою вантажів, які кріпились до пластини 7. Кількість виділеного фільтрату заміряли мірним циліндром. Площа фільтрувальної перетинки становила 0,001256 м².

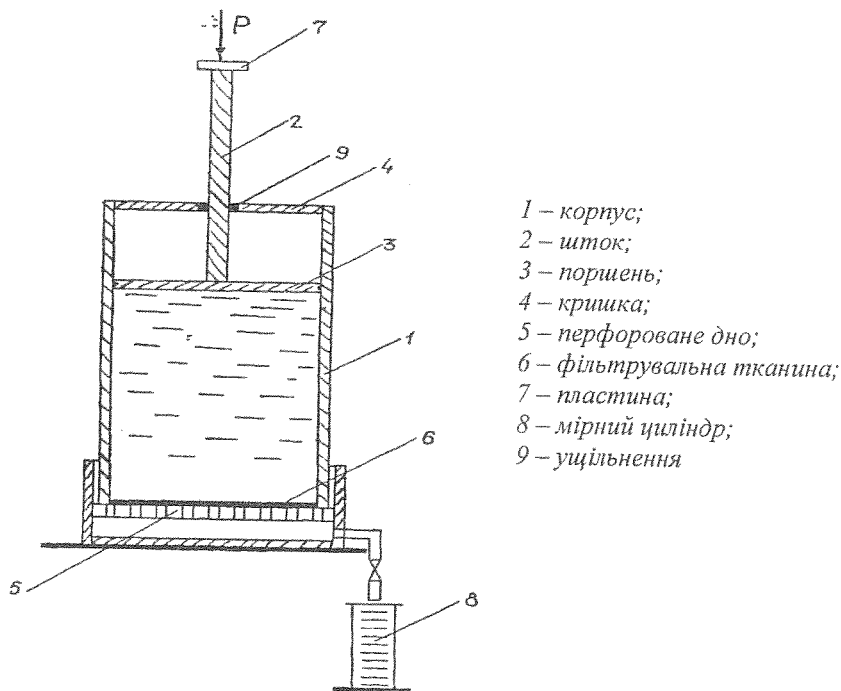


Рис.1. Експериментальний стенд для дослідження кінетики зневоднення осадів

Процес фільтрування поділяється на п'ять основних видів:

- з повною закупоркою пор перегородки;
- з поступовим закупорюванням пор;
- проміжного виду;
- закупоркою по осаду;
- з утворенням осаду на перегородці.

Процес фільтрування осаду каналізаційних очисних споруд відносять до п'ятого типу – з утворенням осаду на перегородці [8]. В цьому випадку в будь-який момент часу опір фільтруванню складається з опору фільтрувальної перегородки і опору осаду.

Опишемо методику проведення дослідів з фільтрування осаду. Приготовану порцію суміші осаду із Львівських комунальних каналізаційних очисних споруд (50 мг з первинного і вторинного відстійників у співвідношенні 1:2) заливали в корпус 1. Створювали тиск за допомогою вантажів, відкривали кран та включали секундомір. Протягом дослідів відмічали час отримання певних об'ємів фільтрату. Експерименти проводили при різних значеннях тисків.

Результати проведених експериментів наведено на рис. 2,3.

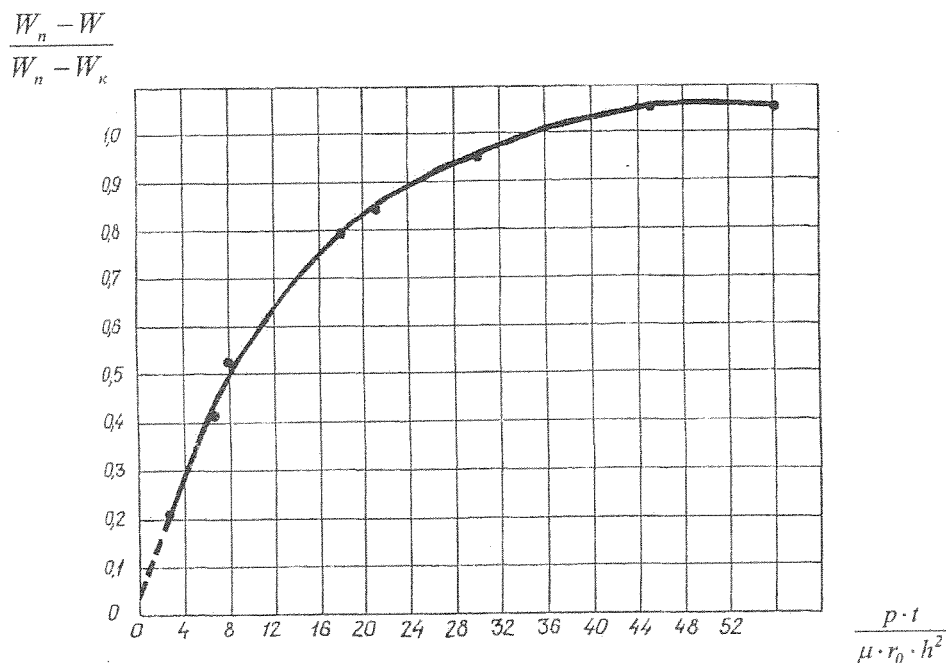


Рис. 2. Залежність комплексу $\frac{W_n - W}{W_n - W_k}$ від $\frac{p \cdot t}{\mu \cdot r_0 \cdot h^2}$

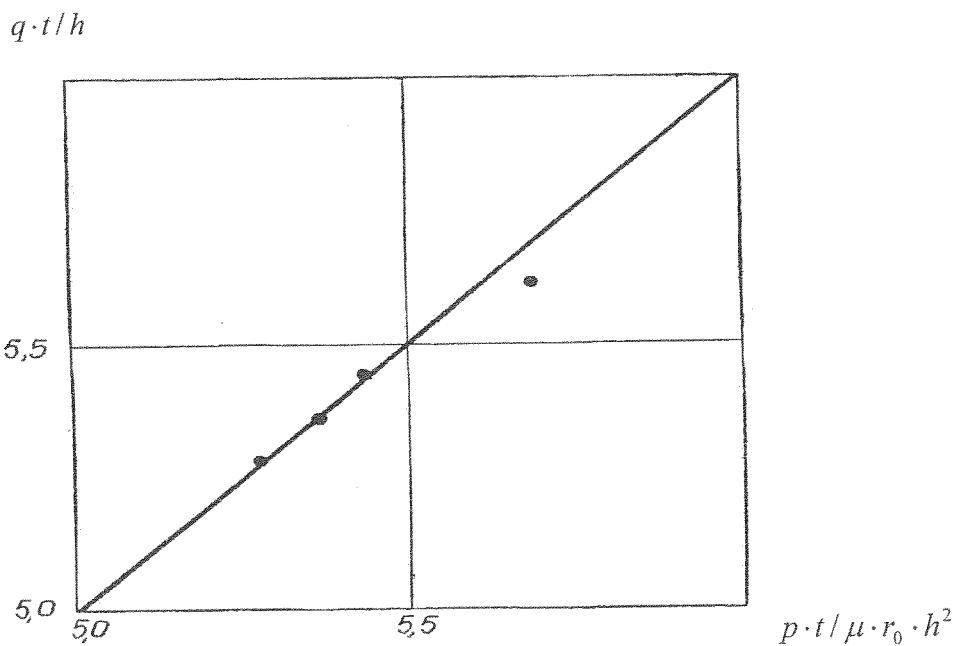


Рис. 2. Залежність комплексу $\frac{q \cdot t}{h}$ від $\frac{p \cdot t}{\mu \cdot r_0 \cdot h^2}$

В результаті обробки експериментальних даних отримано залежності (6) та (7):

$$\frac{W_n - W}{W_n - W_k} = 0,05 + 0,11 \cdot \left(\frac{P \cdot t}{\mu \cdot r \cdot h^2} \right)^{0,64} \quad (6)$$

$$0 \leq \frac{W_n - W}{W_n - W_k} \leq 1,1; \quad 0 \leq \frac{P \cdot t}{\mu \cdot r_0 \cdot h^2} \leq 56$$

$$\frac{qt}{h} = 5 + \left[\frac{P \cdot t}{\mu \cdot r \cdot h^2} \right] \quad (7)$$

$$5,0 \leq \frac{q \cdot t}{h} \leq 6,0 \quad 5,0 \leq \frac{P \cdot t}{\mu \cdot r_0 \cdot h^2} \leq 6,0$$

Висновок. Отримані формули дозволяють визначити вологість, швидкість фільтрування і товщину шару осаду стічних вод залежно від тиску і тривалості процесу. Ці залежності є базовими для розрахунку технологічних показників та устаткування для зневоднення осадів Львівських комунальних каналізаційних очисних споруд. Для отримання аналогічних залежностей для осадів стічних вод інших населених пунктів необхідно провести аналогічні експериментальні дослідження.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Зеркалов Д. В. Екологічна безпека: управління, моніторинг, контроль / Д. В. Зеркалов // Посібник. – К.: КНТ, Дакор, Основа, 2007. – 412 с.
2. Ковальчук В. А. Очистка стічних вод / В. А. Ковальчук. – Рівне: ВАТ „Рівненська друкарня”, 2002. – 622 с.
3. Туровский И. С. Обработка осадков сточных вод / И. С. Туровский // Изд-во 3-е, перер. и доп. – Л.: Стройиздат, Ленинградское отделение, 1988. – 248 с.
4. Евилевич А. З. Утилизация осадков сточных вод / А. З. Евилевич, М. А. Евилевич. – Л.: Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1988. – 248 с.
5. Романков П. Г. Гидромеханические процессы химической технологии / П. Г. Романков, М. И. Курочкина. – Л.: Химия, 1982. – 288 с.
6. Стабников В. Н. Процессы и аппараты пищевых производств / В. Н. Стабников, В. Д. Попов, В. М. Лысянский. – М.: Пищ. Пром-сть, 1976.
7. Журба М. Г. Применение теории фильтрования в инженерных расчетах / М. Г. Журба // Водоснабжение и санитарная техника. – 1993. – №7. – С. 2-5.
8. Жужиков В. А. Фильтрование. Теория и практика разделения суспензий / В. А. Жужико/. – М.: Химия, 1980. – 390 с.

О.В. Вербовский, к.т.н., доцент, А.В. Сибирный, к.б.н., А.В. Регуш

КИНЕТИКА ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД

Для исследования кинетики обезвоживания осадков сточных вод были использованы эмпирические критериальные уравнения, которые дают количественные зависимости между безразмерными комплексами и метод размерностей для составления соответствующих уравнений на базе существующих закономерностей.

Для изучения кинетики прессования осадков была разработана экспериментальная лабораторная установка, на которой проводились эксперименты при разных значениях давления.

В результате обработки экспериментальных данных получено зависимости, которые позволяют определить влажность, скорость фильтрования, толщину слоя осадка сточных вод в зависимости от давления и времени.

Ключевые слова: осадки, сточные воды, обезвоживание, кинетика, критериальные зависимости.