

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА

На правах рукопису

Вербовський Орест Володимирович



ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ КОНДИЦІОНУВАННЯ ТА ЗНЕВОДНЕННЯ
ОСАДІВ МІСЬКИХ СТИЧНИХ ВОД

Спеціальність: 05.23.04 - водопостачання, каналізація

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття вченого ступеня
кандидата технічних наук

Рівне - 1996

AB 34.915

Дисертація є рукописом.

Робота виконана на кафедрі гідравліки та сантехніки
Державного університету "Львівська політехніка".

Наукові керівники: доктор технічних наук, професор
Молчанов Анатолій Дмитрович
доктор технічних наук, професор
Шнерх Сергій Станіславович

Офіційні опоненти: доктор технічних наук,
старший науковий співробітник
Рода Ігор Григорович

кандидат технічних наук
старший науковий співробітник
Шевченко Леонід Якович

Провідна організація: ДПІ "Укрводоканалпроект" (м. Київ)

Захист відбудеться "24" серпня 1996 р. о 11⁰⁰ годині на
засіданні спеціалізованої вченої ради К. 17. 01. 01 при Українській
державній академії водного господарства за адресою:

266000, м. Рівне, вул. Соборна, 11

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Української
державної академії водного господарства.

Автореферат розісланий "21" травня 1996 року.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради,
кандидат технічних наук

ЛНБ ім. В. Стефаніка
АН України
Всесел Сівак В. М.

ЛНБ України ім. В. Стефаніка



00760303 (J)

AB-34.915 - 3 -
АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ. Осади, які виділяються при очищенні стічних вод, нагромаджуються на території очисних споруд. Осади обробляються згідно з вимогами сучасної технології: ущільнюються, стабілізуються, зневоднюються, знезаражуються і використовуються як добрива або вивозяться у звалища.

Зневоднення - основна стадія обробки осадів, яка забезпечує зменшення їх об'єму. Близько 90% осадів на очисних спорудах каналізації підсушуються на мулових майданчиках, які потребують значних площ і застосування ручної праці. Відсутність вільних земель вимагає застосування методів механічного зневоднення.

Зневоднення є найбільш енергомістким процесом, що залежить від форми зв'язку води в осаді. Тому ведуться пошуки шляхів зменшення енергомісткості процесу зневоднення. Питаннями зневоднення осадів природних і стічних вод займалися ряд вчених і дослідників, зокрема, Яковлев С.В., Туровський І.С., Євилевич А.З., Агранік Р.Я., Шевченко Л.Я., Ягодівська О.М. та інші.

Осади очисних споруд після аеробної чи анаеробної стабілізації вологістю 93-97% важко віддають воду внаслідок її утримання колоїдними частинками. Тому існують різні способи підготовки (кондиціонування) осадів перед зневодненням: теплова обробка, рідиннофазне окислення, обробка коагулянтами, флокулянтами тощо. Після такої попередньої обробки осад віддає вологу на апаратах зневоднення. Основними етапами такого процесу є осадження твердих частинок суспензії на фільтрувальній перетинці з утворенням шару осаду певної товщини та його ущільнення (якщо осад стискується) з відтисканням рідини, яка знаходиться в порах між твердими частинками.

Робота виконана у відповідності до пріоритетного напрямку науково-дослідних робіт в Україні "Охорона навколишнього природного

сереровища", затвердженого постановою Верховної Ради України від 16 жовтня 1992 року N 2705-XI.

МЕТА РОБОТИ. Вивчення кінетики зневоднення та фільтраційно-компресійних характеристик осадів з розробкою методики розрахунку устаткування та рекомендацій щодо впровадження, вибір раціональних методів і реагентів для кондиціонування та зневоднення осадів стічних вод.

Для досягнення поставленої мети необхідно було виконати такі дослідження:

- визначити можливість та доцільність використання реагентних та безреагентних методів попередньої обробки осадів міських стічних вод та їх вплив на подальше зневоднення;

- визначити мінімальні дози реагентів та доцільність їх одержання з інших країн за мінімальну вартість або налагодження випуску власних;

- визначити кількісні закономірності впливу тиску на фільтраційно-компресійні характеристики стискуваних осадів стічних вод;

- визначити константи фільтрування для розрахунку устаткування;

- одержати кількісні критеріальні рівняння кінетики кондиціонування та зневоднення осадів з використанням методу розмірностей та узагальненням експериментальних результатів для розрахунку устаткування;

- розробити рекомендації на впровадження технології кондиціонування та зневоднення осадів з урахуванням результатів даної роботи та світової практики з мінімальними затратами.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ. В роботі використано методи фізичного експерименту та теоретичне дослідження з врахуванням фізико-хімічних за-

кономірностей. Хімічні аналізи виконувались за стандартними методиками. Достовірність отриманих теоретичних та експериментальних результатів забезпечується використанням загальноприйнятих закономірностей, які описують рух рідини в пористому середовищі, та узгодженням з результатами робіт інших авторів. Розрахунки виконано на персональному комп'ютері типу IBM 286 мовою BASIC.

НАУКОВА НОВИЗНА. Дослідженні співставлені різноманітні реагенти для кондиціонування та зневоднення осадів міських стічних вод. Експериментально доведена можливість використання звукохімічного кондиціонування осадів міських стічних вод в кавітаційному полі та визначено порядок реакції окислення. Визначено кількісні закономірності впливу тиску на фільтраційно-компресійні характеристики кондиціонованих реагентами осадів міських стічних вод. Узагальненням експериментальних даних з використанням методу розмірностей встановлено кількісні критеріальні залежності між основними параметрами кондиціонування та зневоднення осадів міських стічних вод.

ПРАКТИЧНА ЦІННІСТЬ РОБОТИ І ЇЇ РЕАЛІЗАЦІЯ. На основі виконаних дослідницьких робіт вибрано реагенти та визначено їх дози для кондиціонування та зневоднення осадів стічних вод, визначено фільтраційно-компресійні характеристики осадів та одержані рівняння для розрахунку технологічних показників кондиціонування та зневоднення осадів міських стічних вод, показано можливість зменшення температури теплової обробки осадів з 180° до 150 °С, розроблено рекомендації на впровадження технології зневоднення осадів міських стічних вод з використанням реагентів та устаткування за мінімальну вартість.

Результати досліджень передані Управлінню капітального будівництва м.Тернополя та ДКП "Тернопільводоканал" для розробки

вихідних даних з проектування цеху зневоднення осадів і МКП "Львівводоканал" для використання при реконструкції цеху механічного зневоднення осадів стічних вод.

АПРОБАЦІЯ РОБОТИ. Матеріали дисертації обговорювались на другій науково-технічній конференції ТПІ "Прогресивні матеріали, технології та обладнання в машино- і приладобудуванні" (м.Тернопіль, 1993 р.), на міжнародній конференції "PROBLEMY EKSPLOATACJI WODOCIAGOW I KANALIZACJI, DYSTRYBUCJA ORAZ RACJONALNE GOSPODAROWANIE WODA", (м.Жешув, 1994), міжнародній науковій конференції, присвяченій 150-річчю від дня народження І.Пудя (м.Тернопіль, 1995 р.), IV науковій конференції "PROBLEMY BUDOWNICTWA I INZYNIERII SRODOWISKA" (м.Жешув, 1995 р.), науково-технічних конференціях університету "Львівська політехніка" в 1990-1996 рр.

НА ЗАХИСТ ВІНОСЯТЬСЯ:

- результати експериментального дослідження різноманітних методів інтенсифікації обробки осадів;

- результати експериментального дослідження мінімальних доз реагентів та температури теплової обробки для кондиціонування осадів міських стічних вод;

- результати експериментальних досліджень фільтраційно-компресійних характеристик і кінетики кондиціонування та зневоднення осадів міських стічних вод;

- кількісні критеріальні рівняння кінетики зневоднення осадів міських стічних вод, які дозволяють визначити швидкість фільтрування, вологість та товщину осаду стічних вод в залежності від конкретного тиску та часу;

- обґрунтування доцільності використання в технологічній схемі кондиціонування та зневоднення осадів проціджувачів перед

фільтр-пресами (або вакуум-фільтрами);

- методику розрахунку устаткування для кондиціонування та зневоднення осадів стічних вод.

ПУБЛІКАЦІЇ. За результатами роботи опубліковано 6 друкованих праць в різних виданнях України та Польщі.

ОБСЯГ РОБОТИ. Матеріали дисертаційної роботи викладені на 134 сторінках машинописного тексту і складається із вступу, чотирьох розділів, загальних висновків і рекомендацій, списку використаної літератури, додатків.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі зазначається, що проблема обробки осадів стічних вод зумовила необхідність розробки і впровадження заходів, спрямованих на покращення екологічного стану. З метою інтенсифікації процесу зневоднення виникає необхідність проведення теоретичних та експериментальних досліджень процесів фільтрування і відтискання осадів стічних вод.

В першому розділі дисертації виконано аналіз існуючих методів зневоднення осадів стічних вод. У світовій практиці для зневоднення осадів стічних вод використовують: центрифуги, центрипреси, барабанні вакуум-фільтри, стрічкові, рамні і камерні фільтр-преси. Проаналізовано переваги і недоліки кожного із апаратів.

В літературі розглядаються питання фільтрування або відтискання в залежності від особливостей технології. В даній роботі під терміном "зневоднення" слід розуміти обидва процеси, які відбуваються послідовно в одному апараті (вакуум-фільтри, фільтрпреси, центрифуги).

З появою появи нових реагентів виникає необхідність прово-

дити дослідження їх впливу на інтенсивність зневоднення осадів через нестачу теоретичних знань. Сучасне кондиціонування флокулянтами дозволяє одержати осад вологістю 70 -80 %. Але чим менша вологість, тим більша вартість такого процесу. Оскільки найдешевшим в сучасних умовах є спосіб компостування осадів стічних вод і побутових відходів, для якого оптимальна вологість становить 80 %, то на досягнення цієї вологості і були спрямовані дослідження способів кондиціонування осадів.

Теплова обробка може забезпечити рідиннофазне окислення частини органічних речовин при зберіганні води в рідкому стані в умовах підвищеної температури та тиску, в результаті чого осади добре фільтруються. Для цього використовуються сильні окислювачі, в першу чергу пероксид водню, озон, хлор. Ці реагенти дорогі, тому доцільно дослідити можливість такого окислення киснем повітря.

Фільтрування як процес розділення гетерогенних систем знайшло широке застосування у всіх галузях хімічної промисловості і в технології очищення стічних вод.

Основні положення сучасної теорії фільтрації опубліковані у фундаментальних монографіях В.А.Жужикова, а також працях П.Г.Романкова, М.І.Курочкиної, Т.А.Малиновської. Вони базуються на відкритій ще в 1856 році Дарсі залежності швидкості фільтрації від тиску і товщини шару осаду.

Одним з найпоширеніших видів фільтрування в технології очищення стічних вод є фільтрування з утворенням осаду. Основне рівняння, що описує даний процес, має вигляд:

$$dV/Sdt = \Delta P / \mu(\gamma_0 \cdot h_{oc} + R_{\phi.n.}). \quad (1)$$

Інтегрування даного рівняння при постійному тиску дає об'єм отриманого фільтрату, віднесеного до одиниці площі фільтра, q :

$$q^2 + 2 \cdot R_{\phi.n.} \cdot q / \gamma_0 \cdot \chi_0 = 2 \cdot \Delta P \cdot t / \mu \cdot \gamma_0 \cdot \chi_0. \quad (2)$$

Розв'язок задач згідно з рівняннями (1) і (2) вимагає знання параметрів γ_0 і $R_{ф.п.}$, які можуть бути знайдені лише на основі експериментальних досліджень.

На сьогоднішній день найбільшого розповсюдження одержав метод дослідження процесів відтискання, заснованих на положеннях класичної теорії фільтраційної консолідації механіки ґрунтів.

Різні процеси відтискання рідини можна описати лінійним рівнянням консолідації:

$$\partial P / \partial t - G \partial^2 P / \mu * \gamma * \partial z^2. \quad (3)$$

В результаті розв'язку рівняння (3) отримують профілі розподілу тиску за товщиною шару і в часі, розраховують зсідання шару, оптимальні режими процесів відтискання. Але застосування його виправдане для малостискуваних ґрунтів. Для стискуваних матеріалів деякі допущення порушуються. Тому Є.І.Воробйов і М.М.Шинкарик запропонували використати загальне нелінійне рівняння консолідації при змінних G і γ :

$$\frac{\partial P}{\partial t} - \frac{G(P_ч)}{\mu} \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{1}{\gamma(P_ч)} \frac{\partial P}{\partial z} \right). \quad (4)$$

У другому розділі адійснено пошук реагентних та безреагентних методів кондиціонування осадів стічних вод.

З метою пошуку безреагентних методів кондиціонування випробувано можливість застосування звукохімічної обробки в ультразвуковому реакторі.

Як згадувалось вище, для прискорення реакцій окислення можна використати ультразвук. В ультразвуковому полі інтенсивністю більше 1.5 Вт/см^3 виникає кавітація, яка викликає ряд звукохімічних реакцій, в тому числі і генерацію озону з розчиненого у воді кисню. Таким чином, можливе окислення органічних речовин і покращення фільтраційних характеристик осаду.

Відомо, що при окисленні до 30 % органічних речовин осадів вони добре фільтруються.

Наведена схема експериментальної установки з магнітострикційним ультразвуковим випромінювачем. Методика дослідів полягала в обробці порцій осаду (55 мл) з первинних відстійників і надлишкового активного мулу із вторинних відстійників у співвідношенні 1:2 під тиском $2 \cdot 10^5$ Па в реакторі при інтенсивності ультразвуку 1.65 Вт/см^3 частотою 22 кГц протягом 5, 45, 90, 135, 180 хвилин. Перед і після дослідів осад аналізували на ХСК за стандартною методикою. Одержані результати показали (рис. 1) суттєве (більше 40 %) зменшення ХСК через 180 хв обробки, що свідчить про можливість використання цього методу. Визначено порядок реакції. Оскільки експериментальні точки розташовані ближче до прямої на рис. 2, б, то дана реакція належить до реакції другого порядку.

Для порівняння ефективності різних реагентів та визначення їх мінімальних доз при використанні вітчизняних стрічкових та камерних фільтр-пресів Бердичівського заводу "Прогрес" було придбано та досліджено такі флокулянти і коагулянти:

1) зшитий поліакриламід типу "FS" виробництва фірми "Еллайд Коллойдс ГМХ" (Німеччина) у вигляді порошку, який містить 50 % активної речовини;

2) флокатор-200 та КФ-91 виробництва державного малого підприємства "Флокатор" (м. Воляцький, Росія) у вигляді гелю, що містить 50 % активної речовини;

3) флокулянт фірми "ІНТЕК-ЛТД" (м. Київ) на основі поліакриламідів у вигляді розчину 2 % активної речовини;

4) коагулянт "АКВА" - відхід виробництва алюмінієвих виробів у вигляді розчину з концентрацією 7 % за Al_2O_3 .

З результатів проведених досліджень (рис.3) випливає, що при

зменшенні питомого опору осаду очисних споруд м. Тернополя з $G_0 = 116 \cdot 10^{14} \text{ м}^2$ в 10 разів дози флокулянтів становитимуть 0.5 (німецький), 1.25 (Флокатор-200) та 1.65 (ІНТЕК - ЛТД) кг активної речовини на 1 тону сухої речовини осаду, а мінімальна доза коагулянту "АКВА" становить 10 - 12 кг/т за Al_2O_3 .

Наведена схема експериментальної установки з теплової обробки осаду, методика проведення дослідів.

Експериментально доведена можливість зниження температури з 180°C до 150°C за рахунок рідиннофазного окислення осадів для цеху теплового кондиціонування та зневоднення осадів Львівських очисних споруд. Це дає змогу відмовитись від одного з двох послідовно з'єднаних насосів подачі мулу в реактори при підвищенні надійності роботи та зниження витрати електроенергії.

В третьому розділі наводяться результати теоретичних і експериментальних досліджень процесу фільтрування та відтискання осадів стічних вод. Для опису кінетики зневоднення осадів одержано кількісні критеріальні рівняння.

З рівнянь (3) і (4) випливає залежність швидкості фільтрування v від інших параметрів:

$$v = f(G, e, W, \mu, t, P, h) \quad (5)$$

Використаємо метод розмірностей для складання відповідних рівнянь на базі існуючих закономірностей. З лінійного закону Дарсі швидкість фільтрування дорівнює:

$$v = q/t = P/\mu \cdot \gamma \cdot h, \text{ м/с.} \quad (6)$$

Помноживши ліву і праву частину цього рівняння на t/h , дістанемо загальний зв'язок між безрозмірними комплексами q/h та $P \cdot t / \mu \cdot \gamma \cdot h^2$ у вигляді:

$$q/h = a + b(P \cdot t / \mu \cdot \gamma \cdot h^2)^m, \quad (7)$$

тут a, b, m - експериментальні коефіцієнти.

На рис. 4 зображена залежність між критерієм q/h і $P \cdot t / \mu \cdot \gamma \cdot h^2$. Отримані експериментальні дані вказують на лінійний зв'язок. Математична залежність

$$q/h = 5 + P \cdot t / \mu \cdot \gamma \cdot h^2, \quad (8)$$

$$5,0 < q/h < 6,0, \quad 5,0 < P \cdot t / \mu \cdot \gamma \cdot h^2 < 6,0$$

дозволяє визначити швидкість фільтрування і товщину шару осаду. Оскільки $q = f(\varepsilon) - f(e)$, а вологість осаду W залежить від коефіцієнта пористості e , ліву частину рівняння (7) можна замінити симплексом вологості:

$$(W_n - W) / (W_n - W_k), \quad (9)$$

де W_n , W_k - початкова та кінцева вологості осаду.

Оскільки ця вологість існує при $P=0$, $t=0$, то кінцевий вигляд критеріального рівняння може бути таким

$$(W_n - W) / (W_n - W_k) = A + B(P \cdot t / \mu \cdot \gamma \cdot h^2)^n, \quad (10)$$

де A , B , n - експериментально знайдені коефіцієнти.

На рис. 5 зображена залежність між критерієм вологості $(W_n - W) / (W_n - W_k)$ і $(P \cdot t) / (\mu \cdot \gamma \cdot h^2)$. В результаті обробки експериментальних даних (рис. 6) отримана залежність

$$(W_n - W) / (W_n - W_k) = 0,05 + 0,11 \cdot (P \cdot t / \mu \cdot \gamma \cdot h^2)^{0,64}, \quad (11)$$

$$0 < (W_n - W) / (W_n - W_k) < 1,1, \quad 0 < P \cdot t / \mu \cdot \gamma \cdot h^2 < 56,$$

яка дозволяє визначити вологість осаду стічних вод в залежності від тиску і часу. При цьому

$$\gamma = \gamma_0 - \alpha C^B. \quad (12)$$

Кількісний вираз (12) можна одержати обробкою кривих залежностей питомого опору γ від дози реагенту (коагулянту або флокулянту) C , кг сухої речовини реагенту/кг сухої речовини осаду.

де γ_0 - питомий опір осаду без додавання реагентів, m^{-2} ;

α і β - експериментально знайдені коефіцієнти.

В результаті обробки експериментальних даних (рис.3) отрима-

но математичні залежності, які враховують вплив дози флокулянту C на питомий опір осаду γ :

- для флокулянту "FS":

$$\gamma = 116 \cdot 10^{16} - 3,31 \cdot 10^{16} \cdot C (11,03 \cdot 10^{16} \cdot e^{-0,3 \cdot C} - 1), \text{ м}^{-2}, \quad (13)$$

$$0 < \gamma < 116 \cdot 10^{16}, \quad 0 < C < 6;$$

- для Флокатор-200:

$$\gamma = 116 \cdot 10^{16} - 1,45 \cdot 10^{16} \cdot C (4,03 \cdot 10^{16} \cdot e^{-0,36 \cdot C} - 1), \text{ м}^{-2}, \quad (14)$$

$$0 < \gamma < 116 \cdot 10^{16}, \quad 0 < C < 6;$$

- для флокулянту "ІНТЕК-ЛТД":

$$\gamma = 116 \cdot 10^{16} - 0,95 \cdot 10^{16} \cdot C (2,11 \cdot 10^{16} \cdot e^{-0,45 \cdot C} - 1), \text{ м}^{-2}, \quad (15)$$

$$0 < \gamma < 116 \cdot 10^{16}, \quad 0 < C < 6.$$

Для визначення констант фільтрування основне рівняння фільтрації (2) зводиться до лінійної залежності виду:

$$t/q - M \cdot q + N, \quad (16)$$

де M і N - кінетичні константи, що характеризують фізичні властивості осаду та властивості фільтрувальної перетинки відповідно:

$$M = \mu \cdot \gamma_0 \cdot X_0 / 2 \cdot \Delta P, \quad (17)$$

$$N = \mu \cdot R_{\text{фл}} / \Delta P. \quad (18)$$

На основі експериментальних даних побудована залежність питомого опору осаду від тиску (рис.6). Таким чином, шукане емпіричне рівняння має вигляд:

$$\gamma_0'' = 8 \cdot 10^{13} + 7,08 \cdot 10^7 \cdot (\Delta P)^{1,4}, \text{ м}^{-2}, \quad (19)$$

$$0 < \Delta P < 6 \cdot 10^5.$$

Для розрахунку процесу відтискання осаду на основі математичної моделі процесу необхідно знати характеристики осаду: питомий опір γ , модуль стисненості G і коефіцієнт консолідації b .

Визначення компресійно-фільтраційних характеристик осадів стічних вод проводили при ступеневому збільшенні навантаження на

осад. Після завершення кожного дослідів визначали пористість, коефіцієнт пористості, питомий опір, модуль стисненості, коефіцієнт консолидації. Питомий опір осаду, який відповідає кожному значенню тиску, вираховували за формулою:

$$r_i = (\Delta P * t / \mu * q * h_i) - (R_{\phi.п.} / h_i), \text{ м}^{-2}. \quad (20)$$

В результаті математичної обробки отримана залежність питомого опору осаду від тиску

$$r_0 = 1.2 * 10^{14} + 6.92 * 10^{14} * (P/\Delta P)^{0.83}, \text{ м}^{-2} \quad (21)$$

$$0 < P/\Delta P < 1.$$

Коефіцієнт стиснення осаду вираховувався для кожного значення тиску за формулою:

$$a = de/dP \text{ або } a = (\Delta e_{i-1} - e_i) / (P_i - P_{i-1}). \quad (22)$$

Значна зміна пористості при зміні навантаження проходить при низькому тиску. При подальшому збільшенні тиску темп ущільнення сповільнюється. Із аналізу кривої випливає, що починати процес пресування краще при малих значеннях тиску, щоб не допустити сильного стиснення нижніх шарів на початку процесу відтискання і цим самим сповільнити рух води. В логарифмічних координатах компресійна крива близька до лінійної, що вказує на степеневу залежність між коефіцієнтом пористості і тиском

$$e = e_0 - m * \lg (P/\Delta P)^n. \quad (23)$$

Для досліджуваного осаду в результаті обробки експериментальних даних методом найменших квадратів отримана залежність коефіцієнта пористості від прикладеного тиску:

$$e = 0.016 - 0.015 * (P/\Delta P)^{0.7}, \quad (24)$$

$$0 < P/\Delta P < 1.$$

Модуль стисненості осаду визначався за формулою:

$$G_i = (1 + e) / a_i \text{ або } G = (1 + e) / de/dP. \quad (25)$$

Отримані експериментальні дані вказують на лінійну залеж-

ність між модулем стисненості і тиском. Модуль стисненості збільшується пропорційно до прикладеного тиску:

$$G = 8.2 * 10^6 + 8.57 * 10^7 * (P/\Delta P), \quad (26)$$

$$0 < P/\Delta P < 1.$$

Коефіцієнт консолідації осаду на кожному ступені тиску визначався за формулою:

$$b_i = G_i / \mu * r_i. \quad (27)$$

Коефіцієнт консолідації є узагальненою характеристикою процесу відтискання. При відтисканні тиск в скелеті безперервно змінюється, що спричиняє безперервну зміну коефіцієнта консолідації. Максимальна швидкість зміни його спостерігається в початковий момент, коли тиск в скелеті відносно низький. Отримані математичні залежності для коефіцієнта пористості, модуля стисненості і питомого опору дають можливість оцінити компресійно-фільтраційні властивості згустка осаду при різних тисках.

В четвертому розділі проаналізовано існуючі методи кондиціонування та зневоднення осадів отічних вод і розроблено рекомендації на впровадження вдосконаленої схеми очисних споруд (рис. 7), яка включає кондиціонування осаду флокулянтами перед подачею осаду на фільтр-преси.

Для видалення вільної води з осаду і зменшення кількості фільтр-пресів, насосів-дозаторів та комплектів трубопроводів і арматури запропоновано використати проціджувачі 13 конструкції НДКТІ МГ з прозорами 0.5 мм. Далі насосами-дозаторами 15 осад закачується у всмоктувальний або напірний трубопровід осьового насоса, який подає осад на фільтр-прес.

Визначено технологічні показники процесів кондиціонування та зневоднення, розроблено методику розрахунку та вибору устаткування, рекомендації щодо виробництва власних флокулянтів. Техні-

ко-економічні розрахунки підтвердили ефективність запропонованої технологічної схеми порівняно із зневодненням суміші сирого осаду і надлишкового активного мулу на вакуум-фільтрах. Показники економічної ефективності показують, що капітальні вкладення зменшуються в 1,1 рази, а приведені затрати - в 1,3 рази за період окупності.

Розроблено рекомендації щодо придбання реагентів та устаткування для цеху зневоднення осадів м.Тернополя, які забезпечують зменшення вартості реагентів у 3 рази, а устаткування - в 7 разів порівняно з імпортними.

ОСНОВНІ ВИСНОВКИ

1. Аналіз сучасного стану технології обробки осадів показав, що одним із шляхів інтенсифікації процесу є спосіб і технологія попередньої обробки осадів перед подачею його на вакуум-фільтри, фільтр-преси або інші апарати зневоднення.

В окремих випадках, таких як, наприклад, рідиннофазне окислення, підвищення ефективності або зниження енергомісткості процесу можливе за рахунок введення деяких доповнень в основну технологію.

2. Попередні пошукові дослідження показали, що спрямована підготовка осаду до зневоднення полягає в підборі ефективних флокулянтів і технології їх введення в осад, дії на осад деякими іншими шляхами, такими як ультразвукова обробка, попереднє проціджування.

3. Розроблена технологічна схема зневоднення осадів, яка включає кондиціонування осадів флокулянтами перед подачею осаду на вакуум-фільтри або фільтр-преси.

Експериментально визначено мінімальні дози флокулянтів ви-

робництва Німеччини, Росії, України (відповідно 0,5; 1,25; 1,65 кг активної речовини на одну тону сухої речовини осаду) для кондиціонування осадів міських стічних вод. Показана доцільність організації виробництва флокулянтів в Україні з поліакриламиду.

4. Узагальненням експериментальних даних встановлено для кондиціонованих флокулянтами осадів міських стічних вод:

- кількісні закономірності впливу тиску на фільтраційно-компресійні характеристики;

- з використанням методу розмірностей кількісні критеріальні залежності між основними параметрами кондиціонування та зневоднення осадів міських стічних вод, які є базою для розрахунку технологічних показників та устаткування.

5. Встановлено принципову можливість використання звукохімічного кондиціонування осадів в ультразвуковому кавітаційному полі.

6. Експериментально доведена можливість зниження температури обробки осадів з 180 °С до 150 °С за рахунок введення в потік осаду повітря при рідиннофазному окисненні, що дає змогу зменшити витрату тепла на обробку осадів та підвищення надійності роботи споруд.

7. Експериментально обгрунтовано доцільність використання в технологічній схемі кондиціонування та зневоднення осадів міських стічних вод проціджувачів з прозорами 0,5 мм перед вакуум-фільтрами або фільтр-пресами.

8. Розроблено методику проектування і розрахунку устаткування для кондиціонування та зневоднення осадів міських стічних вод з використанням економічних даних і технологічних параметрів, отриманих при дослідженнях.

ІНСТИТУТ В.СЕСТРИВ,
АН України

9. Застосування розробленої технологічної схеми дозволяє

скоротити кількість вакуум-фільтрів або фільтр-пресів. Схема може використовуватися як при будівництві нових, так і при реконструкції діючих очисних споруд. Використання рекомендованої технології дозволяє скоротити витрати на обробку осаду порівняно з найбільш поширеними технологічними схемами обробки осаду.

10. Результати роботи використано у вихідних даних на проектування цеху зневоднення осадів у м.Тернополі.

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ.

b - коефіцієнт консолидації осаду, m^2/c ; C - доза реагенту, кг активної речовини на тонну сухої речовини осаду; e - коефіцієнт пористості осаду; G - модуль стиснення осаду, Па; h - товщина шару осаду, м; k - коефіцієнт фільтрації, $m^2/(Pa \cdot c)$; P, P_1 - тиск рідини в порах і на частинки скелету, Па; P_1 - зовнішній механічний тиск на шар осаду, Па; ΔP - різниця тисків, Па; $R_{ф.р.}$ - опір фільтрувальної перетинки, m^{-1} ; r - питомий опір осаду, m^{-2} або m/kg ; q - питомий об'єм фільтрату, m^3/m^2 ; v - швидкість фільтрування, м/с; S - площа поверхні фільтрування, m^2 ; t - час процесу фільтрування, с; V - об'єм фільтрату, m^3 ; x_0 - відношення об'єму осаду до об'єму фільтрату; z - лінійна координата, м; W - вологість осаду, %; ϵ - пористість осаду; μ - в'язкість фільтрату, $Pa \cdot c$.

Основні положення дисертаційної роботи опубліковані в таких наукових працях:

1. Молчанов А.Д., Вербовський О.В., Новікова Т.М. Математичні моделі кінетики окислення органічних забруднень та дезінфекції стічних вод // Вісник ДУ "Львівська політехніка", 1993. N 273. С. 20-21.

2. Молчанов А.Д., Шинкарик М.М., Вербовський О.В. Вибір флокулянтів для зневоднення осадів стічних вод м.Тернополя. Теги до-

повіді другої науково-технічної конференції ТПІ "Прогресивні матеріали, технології та обладнання в машино- і приладобудуванні", Тернопіль, 1993, С. 129-130.

3. Молчанов А.Д., Шнерх С.С., Шпаковський Я., Вербовський О.В. Дослідження можливості використання флокулянтів для зневоднення осадів стічних вод м.Львова. Теги доповіді на конференції "PROBLEMY EKSPLOATACJI WODOCIAGOW I KANALIZACJI, DYSTRYBUCJA ORAZ RACJONALNE GOSPODAROWANIE WODA", Жешув, 1994.

4. Молчанов А.Д., Вербовський О.В., Желяк В.І. Рідиннофазне окислення осаду очисних споруд каналізації при різних параметрах його теплової обробки // Вісник ДУ "Львівська політехніка". 1994.

N 282. С. 56-59.

5. Швед Г.Б., Вербовський О.В. Деякі аспекти математичного моделювання та дослідження процесу зневоднення осадів стічних вод з врахуванням реагентного кондиціонування. Теги доповіді на міжнародній науковій конференції, присвяченій 150-річчю від дня народження І.Пулюя, м.Тернопіль, 1995 р., С. 39-40.

6. Вербовський О.В., Молчанов А.Д. Підготовка осадів міських стічних вод до зневоднення. Теги доповіді на IV міжнародній науковій конференції "PROBLEMY BUDOWNICTWA I INZYNIERII SRODOWISKA", м.Жешув, 1995 р.

SUMMARY

O. V. Verbovsky. Conditioning and Dewaterization Methods' Improvement for the Municipal Sewage Sediments.

Candidate degree thesis on speciality 05.23.04-Water Supply, Sewerage, Ukrainian State Academy of the Water Engineering, Rovno, 1996.

6 scientific works containing the results of theoretical and

experimental investigations of the municipal sewage sediments' conditionig and dewaterization methods are defende. It was determined the possibility of using of the nonreagentio soundchemical sediment conditioning in the ultrasonic cavitational field. The quantative dependences of the pressure influence on the filtrational and compessional characteristics, and also the criterial dependences between the sediments' conditioning and dewaterization main parameters were found. The minimal reagent doses were determined, and the technological soheme of the municipal sewage sediments conditioning and dewaterization was outlined.

АННОТАЦИЯ

Вербовский О. В. Усовершенствование методов кондиционирования и обезвоживания осадков городских сточных вод.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.04 - водоснабжение, канализация, Украинская государственная академия водного хозяйства, г.Ровно, 1996.

Защищает 6 научных работ, которые содержат результаты теоретического и экперементального исследованиям методов кондиционирования осадков городских сточных вод. Установлена возможность использования безреагентного звукохимического кондиционирования осадков в ультразвуковом кавитационном поле. Установлены количественные закономерности влияния давления на фильтрационно-компрессионные характеристики, а также критериальные зависимости между основными параметрами кондиционирования и обезвоживания осадков городских сточных вод. Определены минимальные дозы реагентов, разработана технологическая схема кондиционирования и обезвоживания осадков городских сточных вод.

Ключові слова: кондиціонування, зневоднення, флокулянти.

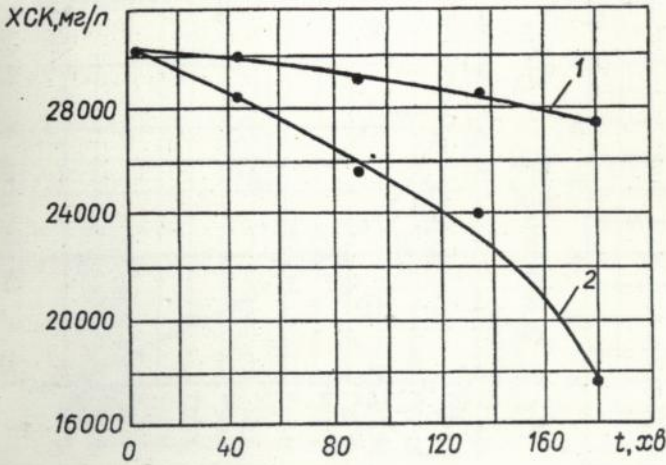


Рис. 1. Залежність ХСК від часу обробки t.

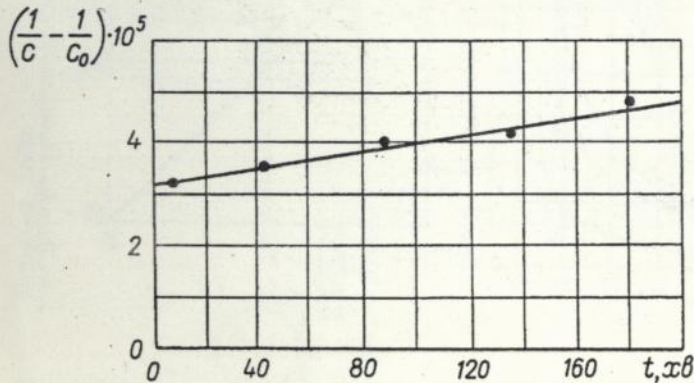
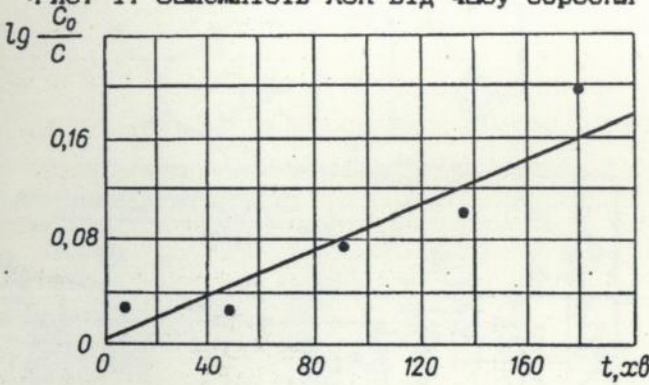


Рис. 2. а) залежність $\lg(C_0/C)$ від t;

б) залежність $1/C - 1/C_0$ від t.

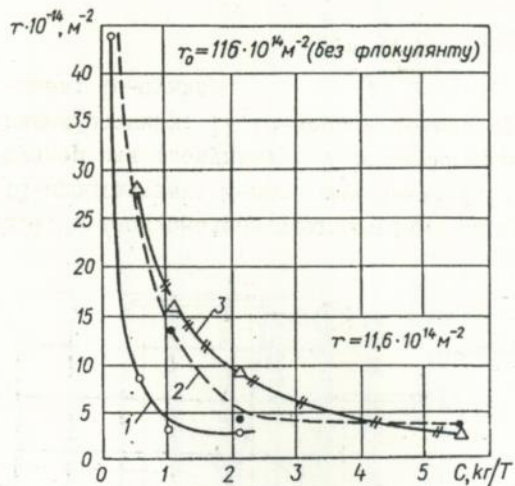


Рис.3. Залежність τ від С

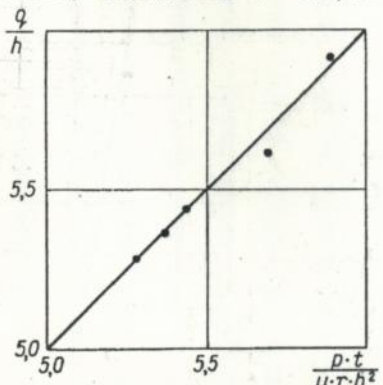


Рис.4. Залежність $\frac{q}{h}$ від $\frac{\rho \cdot t}{\mu \cdot r \cdot h^2}$

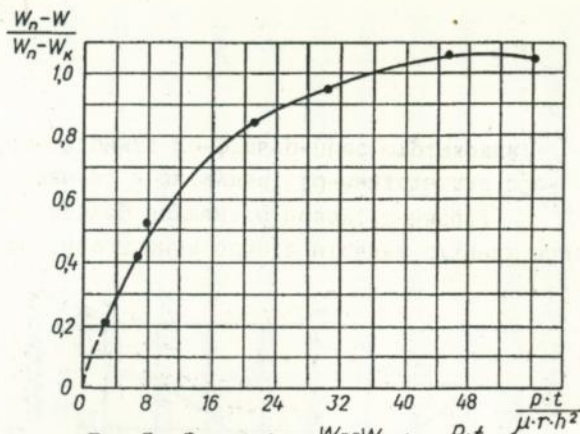


Рис.5. Залежність $\frac{W_n - W}{W_n - W_k}$ від $\frac{\rho \cdot t}{\mu \cdot r \cdot h^2}$

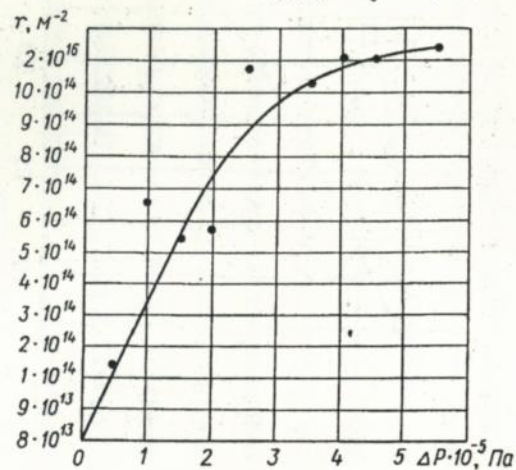


Рис.6. Залежність r від $\Delta \rho$.

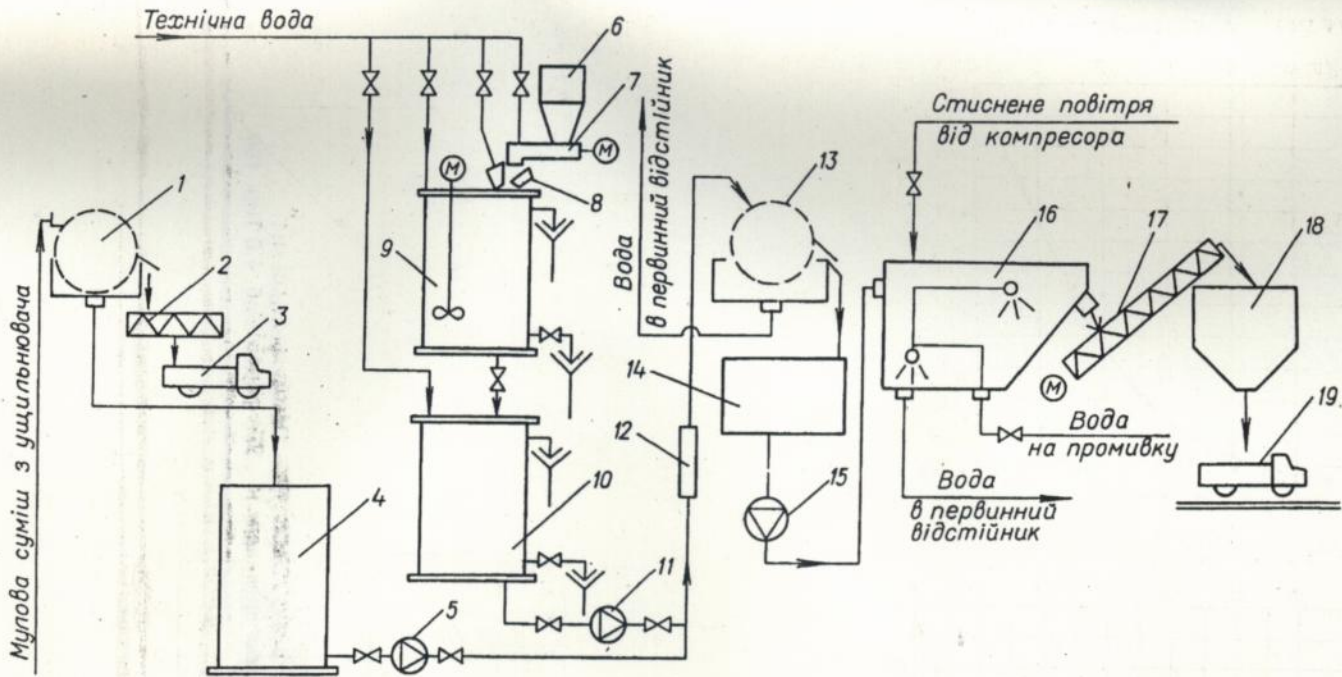


Рис.4.7. Удосконалена технологічна схема кондиціонування та зневоднення осадів міських стічних вод: 1,13-процідувач; 2-прес шнековий; 3,19-автотранспорт; 4-резервуар згущеного осаду; 5-насос; 6-бункер для флокулянту; 7-дозувачий шнек; 8-розчинник флокулянту; 9-змішувач; 10-ємність для зберігання розчину; 11,15-насоси-дозатори; 12-змішувач; 14-бак-збірник; 16-фільтр-прес стрічковий; 17-шнек; 18-бункер

447-276

АВ 34.915

АВ 34.915

Формат паперу 60x84 1/16 Папір офсетний №1
Друк офсетний. Ум. друк. арк. 1 . Ум. фарбо-відб. 1,6 Тир. 100
