

осаду доза  $\text{FeCl}_3$  приймається рівною 5%,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  - 20%.

Зневоднення осаду на фільтр-пресах дозволяє отримати кек вологістю 70 - 75%. При цьому концентрація зважених речовин у фільтраті досить висока і становить 1000 - 1300 мг / л. Пропускна здатність фільтр-преса по сухій речовині осаду дорівнює 20 - 25 кг / год на 1 м<sup>2</sup> площі фільтрування при тиску пресування 0,2 МПа. Потім здійснюється промивка кеку.

Переваги фільтр пресового устаткування в порівнянні з іншими типами фільтрувального обладнання:

- висока адаптація до фільтрованої середовищі;
- низьке енергоспоживання при експлуатації;
- можливість промивання кеку (усередині камери) на фільтр-пресі;
- чистота фільтрату;
- низька витрата реагентів (коагулянтів, флокулянтів).

Підсумовуючи вищесказане, можна з упевненістю сказати, що в практиці сучасних методів зневоднення осаду стічних вод має місце висока тенденція розвитку технологій зневоднення осаду, яка незабаром має високу ймовірність того, що методи зневоднення набудуть більш економічно і технічно вигідні аспекти, ніж зараз,

і піднесе даний процес на нову, більш високу, щабель розвитку.

### ЛІТЕРАТУРА:

1. Яковлев С.В., Воронов Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод. – М.: АСВ, 2004г.–704с.
2. ДБН 360–92. Містобудування планування і забудова міських і сільських поселень. К., Укрархбудинформ, 2002. – 408с.
3. Смирнова Г.М., Эпоян С.М., Корінько І.В., Пашкова С.П.,
4. Сорокина В.Ю., Вевелер Г. Водовідведення і очищення сточних вод міста. – Харків: Каравела, 2003. – 142с.
5. Ковальчук В.А. очистка стічних вод: навчальний посібник.–Рівне: ВАТ «Рівненська друкарня» – 2003. – 622с.
6. Хенце М. Армюес П., Ля-Кур-Янсен Й., Арван Е. Очистка стічних вод: Пер. з англ.–М.: Мир, 2004.–480с.
7. Техніко-екологічні записки з проблеми утилізації осадів міських і промислових стічних вод / Г.Я.Дрозд. Н.І.Зотов, В.Н.Маслак. – Донецьк: ІЕП НАН України, 2001.– 340с.
8. Відведення та очищення поверхневих стічних вод Санкт-Петербурга/ Колектив авторів. Під загальною редакцією Ф.В. Кармазінова. Видавництва «Новий журнал», 2002–268с.

УДК 628.16.066.1

**Сироватський О.А., Сізова Н.Д., Гайдучок О.Г.**

*Харківський національний університет будівництва та архітектури*

**Фірман В.М.**

*Львівський національний університет ім. І. Франка*

### МЕТОД ОЧИСТКИ МАЛОКАЛАМУТНИХ КОЛЬОРОВИХ ВОД І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

**Введення.** Проблема очищення поверхневих вод, які мають малу каламутність (до 50 мг/л) та кольоровість (до 120 градусів за платиново-кобальтовою шкалою), з'явилась як наслідок вирішення гострого питання забезпечення населення та промислових підприємств водою [1,2]. Будівництво штучних споруд для збору

стоку (водосховищ) дає можливість забезпечувати споживачів водою в необхідній кількості протягом року. Але в водосховищах майже відсутній рух води. Незначна швидкість руху та дія сонячних променів обумовлює утворення органічних речовин, а спуск неочищених або недостатньо очищених стічних вод у поверхневі джерела тільки збільшує їх кількість.

Погіршення показників вихідної води призводить до того, що водоочисні станції, за існуючими схемами очистки (в багатьох випадках це освітлення води у відстійниках або освітлювачах із шаром завислого осаду і фільтрування через зернисті фільтри), не можуть якісно очистити таку воду до вимог Державних санітарних норм та правил «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» [3]. Для дотримання цих норм потрібно при очищенні застосовувати підвищену дозу реагенту - коагулянту або значно збільшити загальний обсяг очисних споруд, що економічно недоцільно.

Для вирішення цієї проблеми необхідно інтенсифікувати роботу існуючих споруд водоочищення або впроваджувати такі схеми та методи очистки, які б забезпечили надійне вилучення з природної води дрібнодисперсних механічних домішок і розчинення органічних речовин, що зумовлюють кольоровість.

На нашу думку, одним з таких методів очищення малокаламутної кольорової води є очищення флотаційними методами. Вони дозволяють, за рахунок фізико-хімічних властивостей бульбашок повітря, здійснювати очищення від дрібнодисперсних завислих речовин і в той же час насичувати воду розчиненим киснем [4,5].

**Мета та завдання.** Метою даного дослідження є практична перевірка теоретичних параметрів і факторів, які впливають на ефективну очистку малокаламутних кольорових вод, за допомогою побудованої експериментальної установки.

#### **Результати дослідження.**

Обробку води флотаційними методами рекомендується застосовувати при її каламутності до 150 мг/л і кольоровості до 200 градусів за платиново-кобальтової шкалою [4].

Сутність флотаційного процесу полягає в специфічній дії молекулярних сил між бульбашкою та часткою, що викликають злипання у воді газу (повітря) і твердої завислої частки, утворення на поверхні пінного шару. При наближенні у воді бульбашки і з гідрофобною поверхнею частки забруднення, тонкий шар, який їх розді-

ляє, стає нестійким і розривається. Внаслідок цього, короткочасний їх контакт може призвести до злиття бульбашки і частки, а під дією підйомної сили агрегат, що утворився, буде прямувати на поверхню.

Крупність часток забруднення, які обумовлюють каламутність та кольоровість, знаходиться в межах  $10^{-6}$  -  $10^{-3}$  м [5]. Для ефективного видалення таких часток необхідно щоб розміри бульбашок газів (повітря) знаходилися в межах  $10^{-5}$  -  $10^{-2}$  м. Отримати такі розміри можна тільки напірною або електро- флотаціями. Недоліками електрофлотації є специфічна технологічна схема та великі енергетичні витрати. Саме тому, ми вважаємо, що для ефективного очищення на очисних станціях краще застосовувати метод напірної флотації. Вихідну воду в такому випадку під тиском ( $P = 0,3 - 0,9$  МПа) насичують повітрям, а при зниженні тиску до атмосферного у флотаційному резервуарі (флотаторі) дрібні бульбашки повітря починають виділятися з перенасиченого розчину [6].

Дисперсність бульбашок газу -  $15 \times 10^{-6}$  -  $30 \times 10^{-6}$  м, а поверхневий натяг води не повинен перевищувати 0,06-0,065 н/м. Зниження поверхневого натягу підвищує ефект очищення води на відміну від відстоювання та фільтрування. Обсяг введеного повітря повинен становити 0,9-1,2% від обсягу оброблюваної води.

В попередніх роботах [5,7] нами були виявлені основні теоретичні параметри і фактори, які впливають на флотаційний процес. До них належать температура, тиск, час насичення, крайовий кут змочування, розмір і форма частки. Також до основних факторів можна віднести сили, які діють на бульбашку та частку під час зближення, приєднання та підняття їх на поверхню.

При підвищенні температури води, розчинність (повітря) знижується. Для досягнення максимального ефекту слід прагнути до зниження температури водоповітряної суміші.

Тиск впливає не тільки на кількість повітря, яке розчиняється у воді, але також й на розмір і форму бульбашок. Якщо розмір бульбашки буде малим, то кількість

бульбашок, які будуть утворюватися з перенасиченого розчину, зростає [8]. В такому випадку збільшується ймовірність закріплення не однієї бульбашки, а декількох на поверхні однієї частки забруднення. Також від розміру залежить швидкість підняття бульбашки та сила прилипання її до частки, а також траєкторія руху. Так бульбашки, з розмірами менш ніж 0,2 мм, знаходяться в ламінарній області режимів і можуть розраховуватися за законом Стокса. При збільшенні бульбашок до 2 мм, швидкість впливання бульбашок ще відповідає закону Стокса. У бульбашках величиною приблизно 1 мм і більше може встановитися внутрішня циркуляція, що викликає значне збільшення швидкості підйому [9, 10].

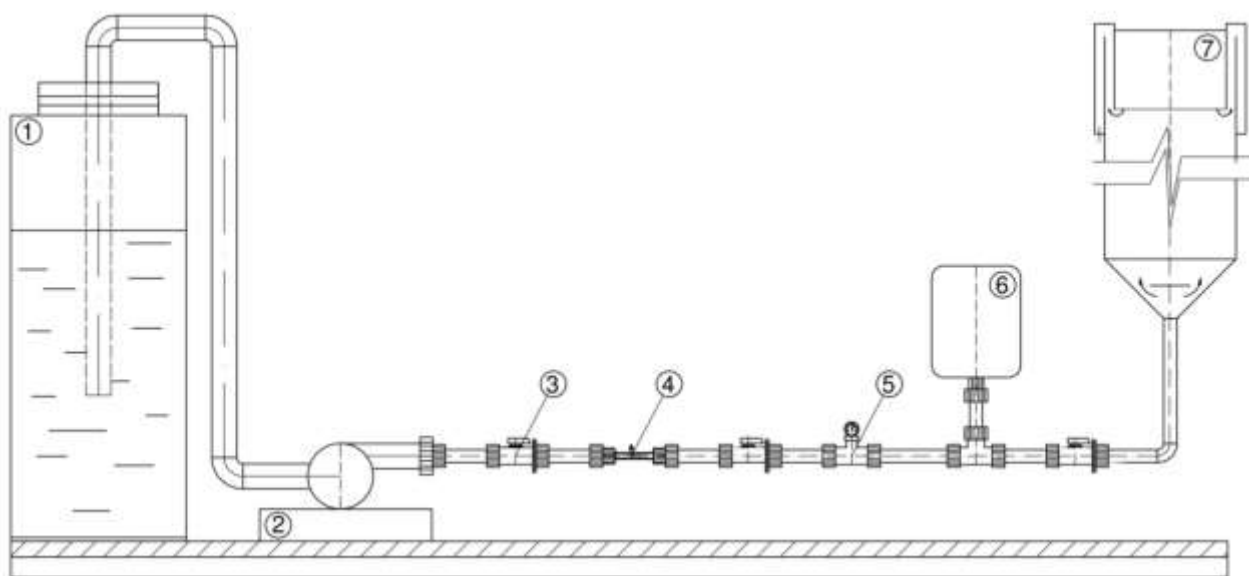
Крайовий кут змочування показує ступінь змочування водою твердих завислих часток. Чим більше це значення, тим більш гідрофобна поверхня частки. Отже,

збільшується ймовірність прилипання та утримання на її поверхні повітряних бульбашок.

Розмір і форма завислої частки впливає на швидкість руйнування гідратного прошарку та видалення води зі щілини. При зіткненні бульбашки з гострокутною часткою це все буде проходити набагато швидше, а ніж з плоскою поверхнею. Таким чином, бульбашки краще прилипають до часток неправильної форми [11].

Для перевірки всіх цих параметрів була побудована експериментальна установка очищення напірною флотацією. Дослідження планується проводити на штучній воді. В якості замутовача використовується синьо-зелена глина, яка дозволяє отримати необхідні розміри часток.

На рис.1 наведена технологічна схема експериментальної установки для очищення малокаламутної кольорової води.



1. - бак вихідної води; 2 – насос; 3 - шаровий кран; 4 - ежектор; 5 - манометр; 6 - бак насичення; 7 – флотаційний резервуар (флотатор)

Рис. 1 – Технологічна схема експериментальної установки для очищення малокаламутної кольорової води.

Продуктивність даної схеми  $Q = 80 - 120$  л/год.

Вихідна вода з баку (1) ( $W_6 = 200$  л) насосом (2) (з продуктивністю до 40 л/хв та напором до 0,8 МПа) подається в бак насичення (6) ( $W_{\text{бак насичення}} = 80$ л). Під час транспортування вода насичується повітрям за допомогою ежектора (4). Ежектор,

працюючи за законом (рівнянням) Бернуллі, створює в звужуючому перетині знижений тиск водного середовища, що викликає підсмоктування в потік повітря та інтенсивне перемішування з водою. Після потрапляння в бак насичення, вода насичується повітрям під тиском 0,4 - 0,8 МПа

протягом 5 хвилин. Передбачається подальше регулювання тиску в баку за допомогою манометру. Це дозволить наситити максимальною кількістю повітрям задану воду.

Насичена водоповітряна суміш направляється у відкритий флотаційний резервуар (7). Флотатор має циліндричну форму з розмірами  $d=200\text{мм}$  і  $H=2\text{ м}$ . Циліндрична форма зроблена для рівномірного розподілу бульбашок по ширині (або діаметру) резервуару внаслідок чого збільшується ймовірність зіткнення хоча б однієї бульбашки з однією завислою часткою.

Швидкість висхідного потоку складає  $0,7 - 1,06\text{ мм/с}$ .

Попередні експериментальні дослідження показали перспективність та ефективність запропонованого методу очистки малокаламутних кольорових вод.

Таким чином, подальша робота спрямована на експериментальні дослідження очистки напірною флотацією малокаламутних кольорових вод та зіставлення теоретичних і практичних факторів, що впливають на ефективність очищення.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Гавриленко О. П. Екогеографія України: Навчальний посібник / О.П.Гавриленко. – К.: Знання, 2008 – 646 с.
2. Епоян С.М. Водопостачання та очистка природних вод: Навчальний посібник / [С.М. Епоян, В.Д. Колотило, О.Г. Друшляк та ін.]. – Харків: Фактор, 2010 – 192 с.
3. «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною»: ДСанПіН 2.2.4-171-10: Затв. Міністерством охорони і здоров'я України №400 від 12.05.2010: Чинний з 01.06.2010 р.
4. Эпоян С., Сыроватский А., Гайдучок А. Моделирование процесса флотационной очистки маломутных цветных вод / С. Эпоян, А. Сыроватский, А. Гайдучок // Motrol. Comission of motorization and energetics in agriculture. – Lublin-Rzeszow, 2016. – Vol. 18 No 6. – P. 11-18.
5. Бабенко С.П. Методы очистки воды от взвешенных веществ и пути их совершенствования / С.П. Бабенко// Науковий вісник будівництва. – Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2015. – Вип.4 (82). – С. 158-161.
6. Сыроватський О.А. Теоретичні аспекти напірної флотації малокаламутних кольорових вод / О.А. Сыроватський, О.Г. Гайдучок // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2016. – № 2 (84). – С. 296-299.
7. Сыроватский А.А. Пути повышения эффективности очистки природных маломутных цветных вод методом напорной флотации / А.А. Сыроватский, С.П. Бабенко, А.Г. Гайдучок, Ю.М. Рыбачук // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2015. – № 2 (80). – С. 209-213.
8. Фомина В. Эффективность очистки маломутной цветной воды на ВОС г. Сыктывкара / В. Фомина // Технология очистки воды «ТЕХНОВОД-2012»: матер. VII Междунар. науч. – практ. конф. Санкт-Петербург. – Новочеркасск: Лик. – С.94-97.
9. Куликов Н.И. Теоретические основы очистки воды: учебное пособие / Н.И. Куликов, А.Я. Найманов, Н.П. Омельченко, В.Н. Чернышев. – Донецк: изд-во «Нолудж» (Донецкое отделение), 2009. – 298 с.
10. Архипов В.А. Экспериментальное исследование нестационарных режимов всплытия одиночного пузырька / В.А. Архипов, И. М. Васенин, А.С. Усанина // Инженерно-физический журнал. – Томск: ИФЖ, 2013. – Т. 86, №5 - С. 1097 – 1106.
11. Рубинштейн Ю. Б., Филиппов Ю.А. Кинетика флотации / Ю.Б. Рубинштейн, Ю.А. Филиппов /. – М.: Недра, 1980. – 375с.