

3. Використання розчину суміші оксидантів забезпечує абсолютну нешкідливість для організму людини й тварин, а також не накопичується у навколишньому середовищі.

4. Низька собівартість порівняно з іншими знезаражувальними засобами розчину суміші оксидантів є показником економічності й швидкої окупності.

В подальшому планується дослідити вплив оксидантів на кінцевий хімічний склад очищеної води за контрольованими показниками: марганець, мідь, свинець, поверхнево-активні речовини, вміст яких майже не змінюється після загального очищення поверхневих вод.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Джерела централізованого господарсько-питного водопостачання: ГОСТ 2761-84. – М.: Госстандарт, 1984. – 69с.
2. Кульский Л.А. Технология очистки природных вод / Л.А.Кульский, П.П.Строкач. – К.: Вища школа, 1981. – 327с.
3. Кульский Л.А. Справочник по свойствам, методам анализа и очистке воды. Часть 2. / Л.А.Кульский, И.Т.Гороновский. – К.: Наукова думка, 1980. – 1205с.
4. Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством: ГОСТ 2874-82. – М.: Госстандарт, 1989. – 245с.
5. Экология и здоровье человека. Охрана водного и воздушного бассейнов. Утилизация отходов: [сборник научных трудов]. – Харьков-Алушта., 2005. – 959с.
6. Бахир В.М. Установка АКВАХЛОР: оптимальная система для обеззараживания воды / В.М.Бахир. – Водоснабжение и канализация. – 2009. – № 3 – 36с.

УДК 628.316.12:664.15

ОВЕЧКИНА О.А., студентка  
ШЕСТОЗУБ А.Б., к.т.н., доцент  
ПАНЧЕНКО М.І., к.т.н., доцент  
ОЛІЙНИК М.А., аспірант

Дніпродзержинський державний технічний університет

### **РОЗРОБКА ВАРІАНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ УСТАНОВКИ ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД ВИРОБНИЦТВА ЯБЛУЧНОГО СОКУ**

**Вступ.** В Україні виробництво харчової продукції здійснюють понад 22 тис. підприємств, на яких зайнято більше мільйона працюючих. Харчова промисловість є однією з галузей, що нині динамічно розвивається та яка споживає значну кількість води і скидає стічні води (СВ) на поля фільтрації, у відстійники та водойми без достатнього очищення. Особливо це відноситься до порівняно невеликих та численних заводів із виробництва концентрованих соків. Для них характерне перевищення гранично допустимих концентрацій (ГДК) ряду речовин у стічних водах, які скидаються. Переважно це занадто кисле середовище СВ (рН близько 3,5). До таких підприємств відноситься ТОВ «Інтерфрут-Україна», м. Марганець – завод з виробництва соку яблучного концентрованого.

**Постановка задачі.** В період сезону, що триває більше 100 діб, підприємство щодобово скидає у міську каналізацію більше 200 м<sup>3</sup> СВ. Виробничі стічні води утворюються на різних стадіях технологічного процесу та з різними забрудненнями. Зазвичай ці СВ мають ряд перевищень показників норм, затверджених для комунальних водоочисних господарств. Крім того, СВ з технологічних стадій не збираються та не усе-

реднюються попередньо перед скиданням в каналізацію. А це призводить до значних виплат, включно штрафних, за скиди забруднюючих речовин. Таким чином, підприємству доцільно створити локальні очисні споруди, де б СВ технологічних стадій збиралася, усереднювалися та очищалися перед їх скиданням у міську каналізацію. Для проектування такої установки очищення необхідно оцінити кількість та проаналізувати показники забруднень всіх стічних вод, вибрати та дослідити технологічні варіанти зниження «критичних» показників забруднень, розробити технологічну схему, підібрати обладнання та оцінити витрати на створення та експлуатацію.

**Результати роботи.** Виробництво соку яблучного концентрованого можна поділити на три технологічні дільниці:

- 1) мийка сировини та пресування: зливається вода з миючого контуру та рештки при пресуванні (сік, жом, вода);
- 2) ультрафільтрація: в основному це вода після мийки ємностей та ультрафільтрації;
- 3) вакуумвипарна станція (ВВС): в основному це водопровідна вода, яка охолоджує систему ВВС, та вода після мийки ВВС.

Передбачаючи попереднє збирання добового скиду, використовуючи дані з кількості й закисленості СВ окремих стадій виробництва в період сезону та користуючись залежністю між значеннями рН і рОН та концентраціями іонів  $H^+$  і  $OH^-$  [1], розрахували взаємонейтралізацію при цьому.

Характеристики СВ різних технологічних стадій, результати розрахунків концентрації іонів  $H^+$  і  $OH^-$  та обсяг води після змішування і концентрації цих іонів в ній представлені в табл.1.

Таблиця 1 – Характеристика СВ ТОВ «Інтерфрут- Україна» за добу

Місце збирання стоків	Кількість СВ, м <sup>3</sup>	рН	[H <sup>+</sup> ] г-іон/л	рОН	[OH <sup>-</sup> ] г-іон/л	г-іон
Мийка сировини:						
вода для миття сировини	30,0	3,5	$3,16 \cdot 10^{-4}$	10,5	$3,16 \cdot 10^{-11}$	9,48 <sup>+</sup>
мийка гіпохлоритом натрію миючого комплексу	2,0	9,5	$3,16 \cdot 10^{-10}$	4,5	$3,16 \cdot 10^{-6}$	0,006 <sup>-</sup>
Пресування:						
сік, вода, жом	16,8	3,5	$3,16 \cdot 10^{-4}$	10,5	$3,16 \cdot 10^{-11}$	5,3088 <sup>+</sup>
вода з лимонною к-тою	1,1	2,0	$1,00 \cdot 10^{-2}$	12,0	$1,00 \cdot 10^{-12}$	11,0 <sup>+</sup>
вода з гідроксидом натрію	1,1	10,5	$3,16 \cdot 10^{-11}$	3,5	$3,16 \cdot 10^{-4}$	0,3476 <sup>-</sup>
Ультрафільтрація:						
лютерна вода	46,0	3,8	$1,59 \cdot 10^{-4}$	11,2	$6,31 \cdot 10^{-12}$	7,314 <sup>+</sup>
вода з гідроксидом натрію	8,0	10,5	$3,16 \cdot 10^{-11}$	3,5	$3,16 \cdot 10^{-4}$	2,528 <sup>-</sup>
ВВС (Вакуум випарна станція):						
вода водопровідна	100,0	7,5	$3,16 \cdot 10^{-8}$	6,5	$3,16 \cdot 10^{-7}$	0,0316 <sup>-</sup>
вода з лимонною к-тою	4,5	2,0	$1,00 \cdot 10^{-2}$	12,0	$1,00 \cdot 10^{-12}$	45,0 <sup>+</sup>
вода з гідроксидом натрію	4,5	10,5	$3,16 \cdot 10^{-11}$	3,5	$3,16 \cdot 10^{-4}$	1,106 <sup>-</sup>
вода після змішування	214,0	5,46	78,1028		4,0192	

Як видно з даних табл.1, за добу підприємство скидає близько 214 м<sup>3</sup> СВ, сумарна кількість іонів [H<sup>+</sup>] в добовому стоку виробництва, г-іон – 78,1028, а іонів [OH<sup>-</sup>] – 4,0192 г-іон.

При взаємонеутралізації (змішуванні) стічних вод різних виробничих стадій вода залишається закисленою. Щоб нейтралізувати СВ, потрібно 74,0836 г-іон OH<sup>-</sup>.

Виходячи з характеристик та доступності лужних матеріалів для нейтралізації закислених стоків виробництва соку яблучного концентрованого, доцільно використовувати вапно. Ця сировина застосовується на підприємстві для консервації обладнання котельні в період міжсезоння, а після цього накопичується як твердий відхід. Використання вапна після консервації обладнання для нейтралізації СВ після їх змішування дозволить суттєво скоротити витрати на реалізацію процесу очистки.

З метою визначення технологічних умов застосування вапна після консервації обладнання для донейтралізації СВ проведені лабораторні дослідження, метою яких було визначення витрати вапна та концентрації його розчину.

Для досліджень варіантів технології очищення СВ нейтралізацією вапном після консервації обладнання використовували:

- рН-метр марки «Inolab 720», який пройшов державну перевірку;
- магнітну мішалку;
- 2 магніти;
- стакан скляний на 500 мл термостійкий широкий;
- скляні палички;
- дистильовану воду.

Результати лабораторних досліджень наведені в табл.2.

Таблиця 2 – Експериментальні дані з нейтралізації стічних вод ТОВ «Інтерфрут-Україна» вапном після консервації обладнання (150 мл СВ з рН=5,4)

№ досліджу	Концентрація розчину Ca(OH) <sub>2</sub> , %	Кількість розчину (вапняного молока), що пішла на нейтралізацію, мл	Показник рН після нейтралізації
1	50	1,0	7,8
2	40	1,2	8,0
3	30	1,5	7,5
4	20	2,1	7,7
5	10	3,0	7,8
6	5	7,3	8,1

Вода після обробки вапняним молоком візуально не містила зважених частинок.

Як видно з табл.2, кількість вапняного молока, що йде на обробку СВ, збільшується зі зменшенням вмісту Ca(OH)<sub>2</sub>. Для нейтралізації можна брати розчини 20-50%, кількість яких невелика, але вони мають досить густу консистенцію, то ж зберігання та подача такого розчину на нейтралізацію в промислових умовах будуть ускладненими. Тому для донейтралізації виробничих стічних вод доцільно використовувати вапняне молоко концентрацією 10% Ca(OH)<sub>2</sub>. Витрати такого розчину порівняно невеликі, а його транспортування можливе відцентровими насосами.

Іншим значним перевищенням норм у фізико-хімічних показниках СВ ТОВ «Інтерфрут-Україна» є розчинне залізо – 9,5 мг/дм<sup>3</sup> при нормі 0,75 мг/дм<sup>3</sup>.

Аналіз інформації з відомих методів знезалізнення стічних вод [2-4] та вивчення можливостей підприємства показали, що в даних умовах прийнятним є метод обробки СВ повітрям. При цьому двовалентне залізо перетвориться в тривалентне, сполуки якого нерозчинні і можуть бути видалені відстоюванням та фільтруванням.

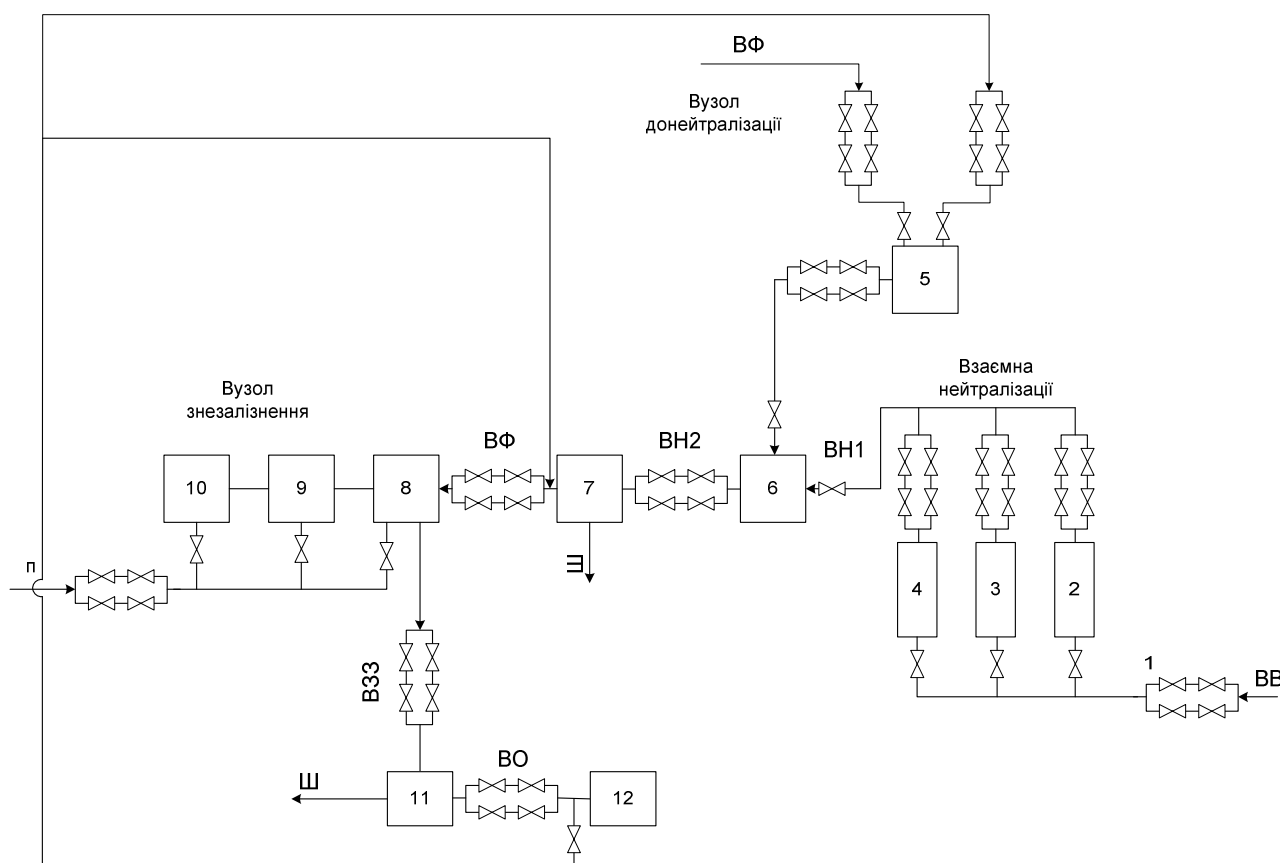
З метою визначення технологічних умов обробки СВ повітрям виконані експериментальні дослідження, метою яких було визначення витрати повітря та часу обробки.

Експерименти проводили, використовуючи наявне промислове обладнання. В циліндричний вертикальний реактор об'ємом 300 л, виготовлений із легованої сталі та обладнаний пропелерною мішалкою з числом обертів 900 на хвилину, з контролем температури та тиску заливали 100 л стічних вод (концентрація двовалентного заліза –  $9,5 \text{ мг/дм}^3$ ), потім, включали перемішування, а знизу в реактор подавали повітря з витратою  $40\text{-}80 \text{ м}^3/\text{год}$ . Експеримент тривав не менше 90 хв.

Вміст заліза зменшується зі збільшенням часу продування та витрати повітря. Середня швидкість зниження вмісту заліза зі збільшенням часу обробки зменшується. Якщо в експерименті тривалістю 1,5 год вона становила  $0,72 \text{ мг/дм}^3$  на годину, то в експерименті тривалістю 12 год –  $0,49 \text{ мг/дм}^3$  на годину.

За результатами експериментів визначено час обробки та витрату повітря для проектування установки очищення СВ.

Враховуючи результати попередніх досліджень, в основу технологічної схеми установки очищення СВ виробництва соку яблучного концентрованого (рис.1) покладено збір та усереднення стічних вод всіх стадій, нейтралізацію відпрацьованим вапном та обробку повітрям. Передбачається також максимально використати наявне обладнання, ємності, комунікації, споруди та майданчики виробництва.



1 – насосна станція ВВ; 2, 3, 4 – ємності для взаємонайтралізації; 5 – вузол приготування вапняного молока; 6 – ємність для до нейтралізації; 7, 11 – фільтри; 8, 9, 10 – ємності для зnezалізнення ВВ; 12 – каналізаційна мережа; ВВ – виробнича вода; ВН1 – вода після взаємонайтралізації; ВН2 – вода після донейтралізації; ВЗЗ – вода зnezалізнена; ВФ – вода фільтрована; ВО – вода очищена; Ш – шлам

Рисунок 1 – Принципова технологічна схема установки очищення стічних вод виробництва яблучного соку

Як видно з рис.1 виробничі води (ВВ) насосом подаються одночасно в три ємності по 100 м<sup>3</sup>, де відбувається їх взаємна нейтралізація та усереднення. Ємності обладнані пропелерними мішалками і з'єднані між собою так, що мають можливість переміщення ВВ з однією ємності в інші. Після усереднення та взаємної нейтралізації у ємностях 2, 3, 4 ВВ мають показник рН=5,5, після цього взаємонейтралізовані води ВН<sub>1</sub> поступають на вузол донейтралізації у ємність 6, де за допомогою дозування вапняного молока з баку 5 відбувається донейтралізація ВН<sub>1</sub>, потім нейтралізована вода ВН<sub>2</sub>, маючи показник рН=8,0, проходить багат шаровий фільтр (перший шар – гравій, де затримуються крупніші тверді частки, другий шар – пісок), де відбувається тонка очистка. Далі очищена від зважених речовин вода ВФ поступає на вузол знезалізнення у ємності 8, 9, 10, куди за допомогою газодувки подається атмосферне повітря. Після окиснення знезалізнені води ВЗЗ поступають на фільтр, де відфільтровуються зважені речовини. Передбачена можливість циркуляції знезалізненої води на вхід вузла знезалізнення. На випадок значного перевищення вмісту заліза також передбачена подача водопровідної води.

Очищені виробничі води ВО, які відповідають нормі за фізико-хімічними показниками, скидаються у міську каналізаційну мережу.

Для проектування установки очищення стічних вод виробництва яблучного соку підібрано обладнання, визначено витрати сировини, матеріалів, енергоресурсів. Розраховано, що витрати на створення та експлуатацію установки очищення менші, ніж виплати за викиди забруднених стічних вод протягом одного сезону.

**Висновки.** Визначено кількості стічних вод окремих технологічних стадій та всього виробництва яблучного соку, проаналізовано вміст забруднюючих речовин та встановлено, що при попередньому збиранні цих вод і їх накопиченні протягом доби у змішувачі змішані води будуть мати кислу реакцію (рН = 5,4). Запропоновано та експериментально досліджено нейтралізацію закислених стічних вод вапном після консервації обладнання, що є відходом виробництва. Зниження вмісту заліза у СВ передбачається досягати їх продуванням повітрям, для чого виконані на промисловому обладнанні дослідження з визначення витрат повітря та часу обробки.

Розроблено принципову технологічну схему установки очищення СВ та підібрано основне обладнання, визначено витрати сировини, матеріалів, енергоресурсів.

Рекомендована до проектування технологія очищення СВ підприємства дозволить здійснювати скид їх в міську каналізацію без перевищень діючих норм та скоротити виплати за їх скиди.

В подальшому планується дослідити та отримати результати очистки стічних вод у виробництві соку яблучного в промислових умовах за запропонованою технологією.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Перельман В.И. Краткий справочник химика / Перельман В.И. – М.: Издательство «Химия», 1964. – 624с.
2. Запольський А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води: підруч. / Запольський А.К. – К.: Вища школа, 2005. – 671с.
3. Запольський А.К. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод: підруч. / Запольський А.К. – К.: Лібра, 2000. – 552с.
4. Кульський Л.Н. Справочник по свойствам, методам и очистке воды: в 2 т. / Кульський Л.Н., Гороновский І.Т., Шевченко А.М. – К.: Наукова думка, 1980. – 1206с.