

УДК 628.351

В.А.КОВАЛЬЧУК, д-р техн. наук, О.В.КОВАЛЬЧУК

*Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне*

## **ПІДГОТОВКА СТИЧНИХ ВОД ПІДПРИЄМСТВ ІЗ ВИРОБНИЦТВА КОНЦЕНТРОВАНОВОГО ЯБЛУНЕВОГО СОКУ ДО БІОЛОГІЧНОЇ ОЧИСТКИ**

Досліджена технологія підготовки стічних вод підприємств із виробництва концентрованого яблуневого соку до біологічної очистки. Технологія передбачає нейтралізацію і коригування вмісту біогенних елементів, вилучення із стічних вод відходів від переробки яблук на дугових ситах, а завислих речовин – у відстійниках-флотаторах.

Исследована технология подготовки сточных вод предприятий по производству концентрированного яблочного сока к биологической очистке. Технология предусматривает нейтрализацию и корректировку содержания биогенных элементов, извлечение из сточных вод отходов от переработки яблок на дуговых ситах, а взвешенных веществ – в отстойниках-флотаторах.

Explore the technology of preparation wastewaters of concentrated apple juice production for biological treatment. The technology provides for neutralization and adjustment of nutrient contents, extracted from sewage waste from the processing of apples arc sieve and suspended solids – in the settlers-flotators.

*Ключові слова:* концентрований яблуневий сік, стічні води, нейтралізація, біогенні елементи, дугове сито, відстійник-флотатор.

Переробка яблук в концентрований сік супроводжується утворенням великих кількостей висококонцентрованих стічних вод, які вміщують пісок, землю, відходи від переробки яблук (плодоніжки, листя, кісточки, шкірки, гниль, яблучну м'якоть, залишки соку), частину лютерної води і миючі засоби [1]. З огляду на високий вміст органічних речовин, які окислюються біохімічним шляхом (табл. 1), біологічна очистка є основним методом знешкодження стічних вод цих підприємств. Однак стічні води містять значну кількість завислих речовин, мають недостатній для біологічної очистки вміст біогенних елементів, а рН часто виходить за межі 6,5-8,5, що вимагає здійснення їх підготовки до біологічної очистки.

Аналіз даних, наведених у таблиці 1, показує, що рН стічних вод підприємств із виробництва концентрованого яблуневого соку коливається у досить значних межах – від 4,46 до 11,4, що, з однієї сторони, зумовлюється слабко кислою реакцією самих яблук, а з іншої – застосуванням луку при митті обладнання. Крива титрування проби, відібраної у період переробки яблук (рис. 1), показує, що для нейтралізації стічних вод необхідно використовувати досить значні дози луку. Тому нейтралізацію слід намагатися здійснювати шляхом змішування слаб-

ко кислих та лужних стоків, що дозволить зменшити кількість луку, що добавляється.

Таблиця 1 – Фактичні концентрації забруднень проб стічних вод підприємств із виробництва концентрованого яблуневого соку

Показники забруднення стічних вод	Значення показників забруднення неочищених стічних вод для підприємств		
	Голд Транс Інтернешнл	Букофрут	Янке Україна
pH	4,46-10,18	$\frac{4,9-11,4}{5,54}$	6,0
Завислі речовини, мг/дм <sup>3</sup>	1464	$\frac{580-10900}{2176}$	1500
ХПК, мг O <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	7413	$\frac{1747-12740}{9094}$	
БПК <sub>повн</sub> , мг O <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	5145	$\frac{1292-8200}{5941}$	5200
БПК <sub>5</sub> , мг O <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>		$\frac{1184-6590}{4910}$	
Азот амонійний, мг/дм <sup>3</sup>	14	$\frac{0,8-39}{21,6}$	40
Фосфати (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ), мг/дм <sup>3</sup>	2	$\frac{0,12-11,7}{3,9}$	30
БПК <sub>повн</sub> /ХПК	0,69	0,65	

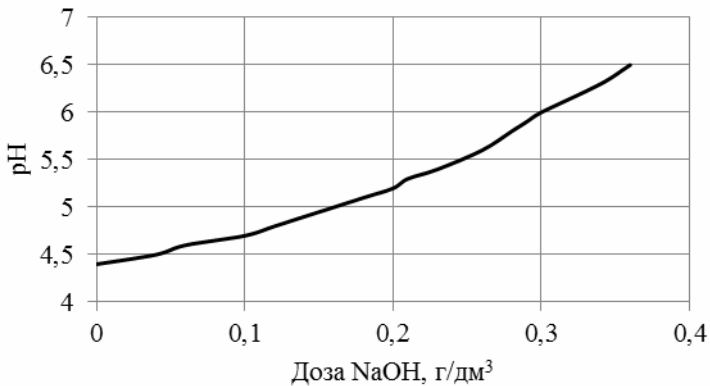


Рис. 1 – Крива титрування проби стічних вод підприємства із виробництва концентрованого яблуневого соку

Для стічних вод підприємств із виробництва концентрованого яблуневого соку характерний вкрай низький вміст сполук азоту та фосфору. Співвідношення між вмістом в стічних водах підприємства «Голд Транс Інтернешнл» органічних речовин і біогенних елементів  $БПК_{повн} : N : P$  склало 100:0,21:0,01. Для підприємства «Букофрут» воно становить 100:0,28:0,02. Таким чином, вміст біогенних елементів в розглядуваних стічних водах недостатній і значно менший значень, характерних для нормального ходу біологічної очистки [2], що вказує на необхідність спеціального додавання біогенних елементів у стічні води.

Пробне відстоювання стічних вод підприємства «Букофрут» протягом 2 годин забезпечило зменшення концентрацій завислих речовин із 1736 мг/дм<sup>3</sup> до 572 мг/дм<sup>3</sup>, або на 67 %, що значно вище ефективності відстоювання міських стічних вод. Однак залишкова концентрація завислих речовин в освітлених стічних водах при цьому майже у 2 рази перевищила рекомендоване значення, що вказує на доцільність застосування для вилучення зависі ще й флотаційної очистки.

Для попередньої, перед біологічною очисткою, підготовки стічних вод запропонована технологія, яка передбачає нейтралізацію, додавання біогенних елементів, вилучення плодоніжок, листя, кісточок та яблуневої шкірки на дугових ситах, відділення завислих речовин у відстійниках-флотаторах [3,5,6,7].

Дослідження ефективності роботи дугового сита марки СД-Ф-50 на підприємстві «Букофрут» здійснювали шляхом аналізу вхідних та вихідних проб за концентраціями завислих речовин, графічна залежність між якими наведена на рис. 2.

Як слідує із аналітичного виразу отриманої залежності, кількість завислих речовин, що вилучаються на дуговому ситі, зростає від 338 до 734 мг/дм<sup>3</sup> (у 2,2 рази) при збільшенні концентрацій завислих речовин від 580 до 10000 мг/дм<sup>3</sup> (у 17,3 рази). Така невелика зміна кількості завислих речовин, що знімаються на дуговому ситі, очевидно, може бути пояснена певною сталістю вмісту крупних домішок стічних вод (листочків, шкірочок, плодоніжок тощо) по відношенню до концентрації завислих речовин і, власне незмінністю площі фільтруючої поверхні і розмірами чарунок дугового сита.

При середній концентрації завислих речовин у стічних водах підприємства «Букофрут» 2176 мг/дм<sup>3</sup>, розрахункова ефективність роботи дугового сита становить 18,6 %. При цьому середня ефективність роботи дугового сита за період спостережень становила 24,9 %.

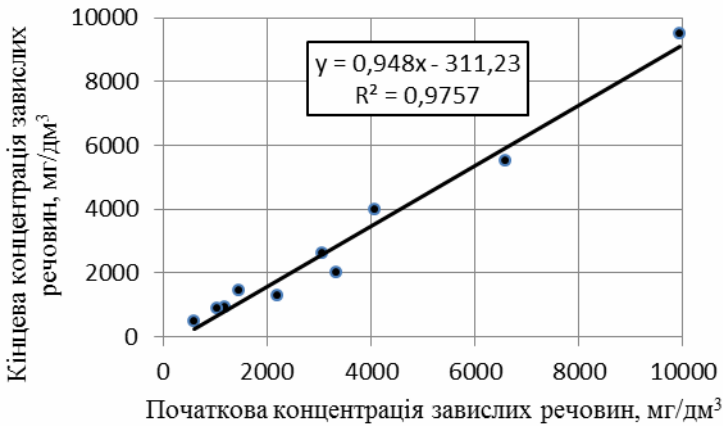


Рис. 2 – Залежність концентрації завислих речовин у стічних водах після дугового сита від їх початкової концентрації

Для видалення із стічних вод завислих речовин спочатку відстоюванням, а потім флотацією із рециркуляцією робочої рідини, застосовували комбіновані відстійники-флотатори конструкції НУВГП [4]. Зовнішній діаметр відстійників-флотаторів, встановлених на підприємствах «Голд Транс Інтернешнл» та «Букофрут» становив, відповідно, 4,0 і 7,2 м (рис. 3).



Рис. 3 – Відстійник-флотатор на очисних спорудах підприємства «Букофрут»

Дослідження очистки стічних вод у відстійниках-флотаторах здійснювали шляхом аналізу вхідних та вихідних проб, а також контролю технологічних параметрів роботи споруд. Протягом періоду виконання досліджень на цих підприємствах фактичне гідравлічне навантаження на поверхню зони флотації відстійника-флотатора становило, відповідно, 2,3 і 3,6 м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>.год), значення коефіцієнта рециркуляції робочої рідини – 0,48 і 0,63, тривалість насичення робочої рідини повітрям – 5,5 і 5 хв., витрата повітря, що підсмоктується водоповітряним ежектором і подається у відстійник-флотатор – 0,5 і 2,3 м<sup>3</sup>/год. Середні концентрації забруднень очищуваних і очищених стічних вод наведені в табл. 2.

Таблиця 2 – Середня ефективність флотаційної очистки стічних вод підприємств із виробництва концентрованого яблуневого соку

Показники забруднень стічних вод	Середні концентрації забруднень стічних вод, мг/дм <sup>3</sup> , неочищених/очищених		Середня ефективність очистки стічних вод, %	
	Голд Транс Інтернешнл	Букофрут	Голд Транс Інтернешнл	Букофрут
Завислі речовини	1464/296	1654*/288	79,8	82,3
ХПК	7413/3022	9094/3947	59,2	56,6
БПК <sub>5</sub>	- / -	4910/2567	-	47,7
БПК <sub>повн</sub>	5145/2563	5941/3207	50,2	46,0
Амонійний азот	14/123,2**	21,6/139,2**	-	-
Нітрити	- / -	0,31/0,25	-	19,4
Нітрати	- / -	1,62/0,53	-	67,3
Фосфати	2/65,1**	3,9/67,4**	-	-

\* після дугового сита; \*\* після нейтралізації і коригування складу біогенних елементів

Як видно із наведених даних, ефективність попередньої очистки стічних вод у відстійниках-флотаторах підприємств «Голд Транс Інтернешнл» та «Букофрут» виявилася досить високою і склала: 79,8-82,3 % – за завислими речовинами; 56,6-59,2 % – за ХПК; 46,0-50,2 % – за БПК<sub>повн</sub>.

Як слідує із рис. 4, із збільшенням навантаження на поверхню флотаційної камери за сухою речовиною зростає ефективність флотаційної очистки. Однак при цьому також спостерігається зростання залишкових концентрацій завислих речовин в очищених стічних водах. Тому для забезпечення залишкових концентрацій завислих речовин до

300 мг/дм<sup>3</sup> навантаження на поверхню флотаційної камери не повинно перевищувати 1,1 кг/(м<sup>3</sup>·год).

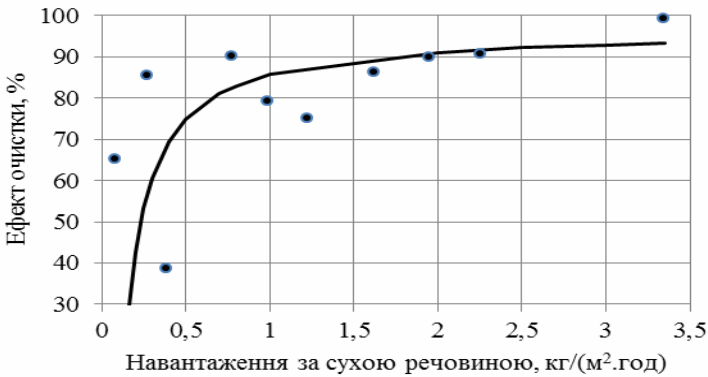


Рис. 4 – Залежність ефективності флотаційної очистки від навантаження за сухою речовиною

Як показала обробка результатів флотаційної очистки стічних вод підприємств «Голд Транс Інтернешнл» та «Букофрут», існує лінійна залежність між концентраціями завислих речовин в очищуваних стічних водах  $C_n^{3p}$  і кількістю завислих речовин, знятих у процесі флотації  $C_n^{3p} - C_k^{3p}$ , де  $C_k^{3p}$  – концентрація завислих речовин в очищених стічних водах (рис. 5).

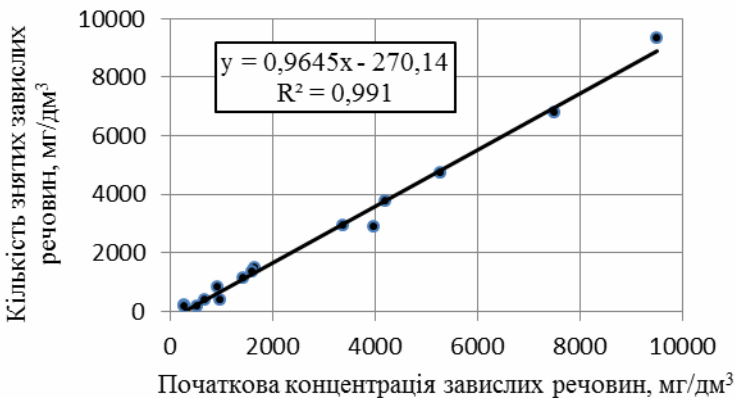


Рис. 5 – Залежність кількості знятих завислих речовин, знятих під час флотаційної очистки стічних вод підприємств «Голд Транс Інтернешнл» та «Букофрут»

Наявність такої залежності вказує на те, що флотаційна очистка стічних вод підприємств відбувається за закономірностями вільної флотації, а збільшення подачі повітря не призведе до збільшення ефективності вилучення забруднень із стічних вод.

Практична цінність отриманої аналітичної залежності полягає у тому, що вона дає можливість із достатньою точністю визначити концентрації завислих речовин в очищених стічних водах за концентраціями завислих речовин в неочищених стоках, що не дозволяють робити жодні із відомих методик розрахунку флотаційних камер.

Узагальнюючи тривалі спостереження за відстійниками-флотаторами можна зробити висновок, що їх робота, а також робота флотаційних насосів, водоповітряних ежекторів та усіх вузлів приготування робочої рідини була надійною і стійкою.

Підсумовуючи сказане вище, можна зробити висновки про те, що запропонована технологія підготовки до біологічної очистки забезпечує нейтралізацію стічних вод і коригування вмісту біогенних елементів, ефективне вилучення з них відходів від переробки яблук, зменшення концентрацій завислих речовин, БПК і ХПК стічних вод.

1. Ковальчук О.В. Особливості складу стічних вод підприємств плодоовочевої промисловості та раціональна технологія їх очистки / О.В. Ковальчук // Науковий вісник будівництва. – Вип. 68. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2012. – С. 255-261.

2. СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 72 с.

3. Ковальчук А.В. Предварительная очистка сточных вод предприятия по производству концентрированного яблочного сока / А.В. Ковальчук // Сотрудничество для решения проблемы отходов: Матер. VII Междунар. конф. (7-8 апреля 2010 г., г. Харьков, Украина). – С. 146-147.

4. Ковальчук В.А. Відстійник-флотатор для попередньої очистки стічних вод м'ясопереробних підприємств / В.А. Ковальчук // Ринок інсталяцій. – 2009. – № 9. – С. 20-21.

5. Гіроль М.М. Технологія попередньої очистки стічних вод підприємств із виробництва концентрованого яблучного соку / М.М. Гіроль, О.В. Ковальчук // Екологічні проблеми природокористування та ефективне енергозбереження: збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених і студентів; 27-29 квітня 2010 р., м. Київ. – К.: КНУБА, 2010. – С. 102-104.

6. Ковальчук А.В. Очистные сооружения предприятия по производству концентрированного яблочного сока / А.В. Ковальчук // Сотрудничество для решения проблемы отходов: Матер. VIII Междунар. конф. (23-24 февраля 2011 г., г. Харьков, Украина). – С. 89-91.

7. Гіроль М.М. Очисні споруди підприємства із виробництва концентрованого яблучного соку: перший етап пуско-налагоджувальних робіт / М.М. Гіроль, О.В. Ковальчук // Збірник тез доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції «Вода в харчовій промисловості». – Одеса: ОНАХТ, 2011, 24-25 лютого. – С. 83-85.

*Отримано 12.09.2013*