T. Shinbrot // Nature Physics, 2010. - Volume 6. – P. 364-368.

14. Svestka J. Measurement of Dust Electric Charges by the Ulysses and Galileo Dust Detectors / J. Svestka, S. Auer, M. Baguhl, E. Grün // Access International Astronomical Union Colloquium, 1996. – Vol. 150. – P. 481 – 484.

Юрченко В. А., Пономарев К. С., Пономарева С. Д. ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ОЧИСТКИ ВЫБРОСОВ МЕЛКОДИСПЕРСНОЙ ПЫЛИ КАКАО С ПОМОЩЬЮ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ИОНИЗАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ. В экспериментальных исследованиях определена эффективность воздействия искусственной ионизации пылевого потока какао на повышение эффективности дальнейшей очистки этих выбросов пылеочистительными установками. Показано, что ионизация существенно уменьшает концентрацию электронеutralных частиц какао. Установлены оптимальные технологические параметры интенсификации улавливания органических $PM_{2,5}$ и PM_{10} с помощью предварительной ионизации пыли какао. Доказано, что предварительная ионизация позволяет снизить концентрацию PM_{10} какао в атмосферном воздухе за пределами СЗЗ кондитерских предприятий до нормативно-допустимого уровня.

Ключевые слова: выбросы кондитерского производства, мелкодисперсные частицы какао, искусственная ионизация, предварительная обработка, эффективность очистки, технологические параметры.

Iurchenko V. O., Ponomarova S. D., Ponomarov K. S. CLEANING INTENSIFICATION FOR EMISSIONS OF FINE COCOA DUST USING PRE-IONIZATION. In experimental studies, the ionization efficiency was determined to increase the efficiency of cleaning cocoa dust emissions in dust-cleaning plants. It is shown that ionization significantly reduces the concentration of electroneutral particles of cocoa. The optimal technological parameters of the intensification of organic $PM_{2,5}$ and PM_{10} trapping with the help of preliminary ionization of cocoa dust were established. The pre-ionization allows to reduce the concentration of PM_{10} cocoa in the atmosphere outside the sanitary protection zone of confectionery enterprises to a standard-acceptable level is proved.

Keywords: confectionery manufacturers emissions, fine cocoa particles, artificial ionization, pretreatment, cleaning efficiency, technological parameters.

DOI: 10.29295/2311-7257-2019-95-1-250-254

УДК 628.312.3

¹Юрченко В. О., ¹Іваніні П.С., ²Смирнов О.В.

¹Харківський національний університет будівництва та архітектури, Харків

(вул. Сумська, 40, м. Харків, 61002, Україна; E-mail: bjieknuca@gmail.com,
<https://orcid.org/0000-0001-7123-710X>, <https://orcid.org/0000-0002-0558-1081>)

²(вул. Тобольська, 42а, м. Харків 61042, Україна, E-mail: ecomman2009@gmail.com,
<http://orcid.org/0000-0002-9109-6030>)

ОСОБЛИВОСТІ НАСИЧЕННЯ КИСНЕМ СТИЧНИХ ВОД ВИРОБНИЦТВА ПАПЕРОВИХ ТОВАРІВ З МАКУЛАТУРНОЇ МАСИ

В експериментальних дослідженнях визначили характеристики впливу різних силіконових деаераторів, які додаються в пульпу для запобігання піноутворення, на ступінь насичення киснем стічних вод, що утворюються при виробництві паперових товарів з макулатурної маси. Показано, що силіконові деаератори в концентраціях, типових для промислових стічних вод досліджуваного виробництва, суттєво зменшують ступінь їх насичення киснем і його концентрацію при аерації стічних вод.

Ключові слова: виробництво паперу з макулатури, стічні води, піноутворення, силіконові деаератори, аерація, концентрація кисню в стічних водах.

Вступ. Використання макулатури в якості вторинної сировини сприяє раціональному природокористуванню (економії деревини), знижує собівартість кінцевої продукції та навантаження на навколишнє природне середовище, створюване відходами ЦПП. Тому спостерігається стійка тенденція збільшення об'ємів переробки та споживання макулатурної сировини в виробництві паперу та картону в усьому світі. Серед техногенних впливів цього виробництва на природні об'єкти мабуть найнебезпечнішим є утворення висококонцентрованих за вмістом органічних (до того ж важко окислюваних) та завислих речовин стічних вод, які після механічної та біологічної очистки скидаються в природні водойми. Проте склад цих стічних вод, їх хімічні та фізико-хімічні властивості надзвичайно утруднюють процеси очистки та доведення залишкових концентрацій забруднюючих речовин до екологічно безпечних концентрацій [1-3].

Процес виробництва паперових товарів з макулатурної маси супроводжується утворенням піни та накопиченням кисню в макулатурній масі, що з одного боку уповільнює виробничий процес, а з іншого – негативно впливає на якість кінцевого продукту. Тому для вирішення цієї проблеми застосовують хімічні (органічні і силіконові) деаератори, які зменшують піноутворення та накопичення кисню у вторинному волокні [2, 3]. До складу деаератора входять гідрофобні масла, в яких містяться гідрофобні тверді частинки. Найбільш розповсюдженим є застосування деаераторів на основі силіконових рідин. Силіконові деаератори зазвичай виготовляють з поліметилсилоксанових рідин, змішаних з гідрофобізованим кремнеземом. Силіконові деаератори не діють на стабільність розчину, тому можуть вводитися в пульпу до початку обробки. Для контролю піноутворення протягом тривалого часу органічний деаератор потрібно додавати з розрахунку від 0,5 до 5 кг/т сухого волокна. В той же час деаератор на основі силікону додається з розрахунку 0,2-0,8 кг/т, що сприяє популярності саме цього виду деаераторів [4, 5].

Механізм руйнування піни силіконовими деаераторами оснований на дії поверхнево-активних речовин (олив, що входять до складу деаератора), які швидко розподіляються на кордоні розділу фаз рідина-повітря, й гідрофобних частинок (які теж входять до складу деаератора), що стягують кордони розділу фаз рідина-повітря. В результаті деаератор проникає через стінку бульбашки піни і розриває її. Явище зумовлене дією сили тяжіння на плівку рідини та ефектом Марангоні [6-8].

Наявність деаераторів в стічних водах, що утворюються після віджиму пульпи, й властивості цих речовин теоретично можуть спричинити розривання ними також і бульбашок кисню, що виникають при аерації стічної рідини при проведенні біологічної очистки. Таке явище зумовить проблеми з насиченням киснем стічної рідини (або навіть унеможливити його) [9, 10] і забезпечення ним мікроорганізмів активного мулу, а в результаті – придушити біологічні процеси очистки стічної рідини [11, 12].

Мета роботи – визначення кількісних характеристик впливу силіконових деаераторів на насичення киснем стічних вод, що утворюються при переробці макулатурної маси.

Об'єктом дослідження служила розбавлена пульпа з силіконовими деаераторами різних марок. Для отримання пульпи використовували макулатуру марки МС-8В (газетний папір). Пульпу виготовляли за методикою, рекомендованою науково-технічною літературою [13, 14]. Макулатурну масу розпукали з утворенням пульпи концентрацією 2% сухого волокна. Для розпуску газетний папір заливали водою температурою 60°С на 10 хвилин. Після цього змочений папір дезінтегрували для отримання майже однорідної суспензії з допомогою промислового міксера протягом до 60 хв при кімнатній температурі. Під час розпуску додаткові реактиви не використовували. Перед проведенням експерименту з отриманої суспензії видаляли тверді частинки.

В експериментальних дослідженнях деаератор додавали в пульпу, як рекомендовано виробником, з розрахунку

50 - 100 мг/100 г пульпи. Дослідили вплив на пульпу 3 типів комерційних силіконових деаераторів виробника WACKER: Pulpsil763E, Pulpsil960S, Silfoam Se2. Після відділення пульпи фільтруванням отримували модельну стічну воду й аерували її з допомогою мікрокомпресора. Об'єм модельних стічних вод, що аерували – 100 см³, інтенсивність аерації – 2 см³/(см³ хв), термін аерації – 60-70 с. В аеруємих водних середовищах через кожні 10 с визначали концентрацію кисню з допомогою портативного вимірювач кисню YSI 55 55/12ft Dissolved Oxygen Meter (США).

Результати та обговорення.

Порівняна динаміка насичення водних середовищ киснем з допомогою мікрокомпресора представлена на рис. 1. Як видно, не зважаючи на високу інтенсивність аерації, в відпрацьованій пульпі концентрація кисню зростає найповільніше (порівняно з дистильованою водою і модельними стічними водами з ХСК 1000 мг/дм³)

Рис. 1. Динаміка концентрації кисню в водних середовищах різного складу при аерації

Додавання в пульпу деаераторів кардинально зменшило накопичення кисню в утворюваних з неї стічних водах (табл. 1). Для зручності через надто високу інтенсивність аерації в табл. 1 приведені дані щодо вмісту кисню в модельних стічних водах через 10 та 20 с аерації. Як видно, через 10 с концентрація кисню в контрольному варіанті досліду в 2-3 рази перевищувала кон-

центрація кисню в дослідних варіантах, через 20 с в 1,8-2 рази. Найбільше пригнічував накопичення кисню в стічній воді деаератор Pulpsil763E. Для кількісної оцінки цього пригнічення можливо скористатися показником ступінь насичення киснем відносним вмістом кисню в воді, вираженим у відсотках його нормального вмісту, який обчислюється за формулою:

$$M = (a \cdot 0,101308 \cdot 100) / N P,$$

де M - ступінь насичення води киснем, %; a - концентрація кисню, мг/дм³; P - атмосферний тиск, МПа (0,101308 МПа), N - нормальна концентрація кисню при даній температурі і загальному тиску 0,101308 МПа (9,1 мг/дм³).

Таблиця 1 – Залежність насичення киснем стічних вод від наявності в них різних деаераторів

Час насичення, с	Підвищення концентрації кисню в стічній воді порівняно з вихідною, мг/дм ³			
	без додавання деаератора	з додаванням 0,1 % деаератора		
		Pulpsil763E	Pulpsil960S	Silfoam Se2
10	1,8	0,56	0,56	0,84
20	3,37	1,69	1,84	1,89

Представлені дані (табл. 2) свідчать, що найнижчий ступінь насичення киснем модельних стічних вод (6,15 % на 10-й секунді аерації та 18,57 % на 20-й секунді) спостерігається при додаванні в пульпу силіконового деаератора Pulpsil763E.

Таблиця 2 – Вплив деаераторів на ступінь насиченості киснем модельних стічних вод виробництва макулатури

Варіант досліду	Ступінь насиченості киснем, %	Зменшення ступеню насиченості киснем порівняно з контролем, %
Контроль (без деаераторів)	19,78 / 37,03	0
Pulpsil960S	6,15 / 20,22	67,14 / 45,50
Pulpsil763E	6,15 / 18,57	67,14 / 49,96
Silfoam Se2	9,23 / 20,77	53,33 / 43,91

Примітка: в чисельнику $t=10$ с, в знаменнику $t=20$ с.

Порівняльна динаміка насичення киснем модельних стічних вод, які містять різні силіконові деаератори, представлена на рис. 2. Як видно, протягом усього терміну аерації варіант стічної води з деаератором Pulpsil763E показує найбільше пригнічення процесу накопичення кисню. На перших 20 с аерації найменший вплив на накопичення кисню здійснювалось в варіанті стічної води з деаератором Silfoam Se2. Проте при подальшій аерації найменший вплив на накопичення кисню спостерігалось в варіанті стічної води з деаератором Pulpsil960S.

Рис. 2. Вплив на динаміку насичення киснем модельних стічних вод різних силіконових деаераторів

Розглянули вплив концентрації деаераторів на ступінь пригнічення накопичення кисню в стічних водах при аерації (рис. 3).

Як видно при збільшенні концентрації силіконових деаераторів (Pulpsil 763E та Silfoam Se2) накопичення кисню в стічних водах зменшується, особливо після 20 с аерації. На 60-й с аерації збільшення концентрації деаераторів вдвічі (з 50 мг/100 г до 100 мг/100 г) спричиняло зменшення концентрації кисню в варіанті стічної вод + деаератор Pulpsil 763E приблизно на 17 %, а в варіанті стічна вод + деаератор Silfoam Se2 – на 23 %.

Рис. 3. Вплив концентрації деаераторів (а - Pulpsil 763E, б - Silfoam Se2), що додаються в пульпу, на динаміку накопичення кисню в стічних водах при аерації
1 - 50 мг деаераторів на 100 г пульпи, 2 - 100 мг деаераторів на 100 г пульпи

Висновок. Таким чином, при скиданні стічних вод з деаераторами у каналізаційну мережу вони перешкоджатимуть її насиченню киснем з повітря і посилять анаеробні процеси (в тому числі утворення H_2S), а при скиданні в біологічні очисні споруди заблокують насичення стічних вод киснем, а отже аеробні мікробіологічні процеси деструкції забруднень. Останнє кардинально знизить ефект очистки стічних вод і підвищить їх небезпеку для природних водойм. Отже, перед скидом стічної води, утворені при переробці макулатури, необхідно очищати від деаераторів.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Юрченко В.О. Особливості складу стічних вод целюлозно-паперового виробництва при використанні макулатури в якості сировини / В.О. Юрченко, П.С. Іванін // Науковий вісник будівництва. – Х.:

- ХНУБА, ХОТВ, АБУ, 2018. – Вип.1 (91). – С. 206-209.
2. Denkov, N. D. Mechanisms of Foam Destruction by Oil-Based Antifoams // *Langmuir*. - 2004. - № 20. – P. 9463-9505.
3. Smook, G. A. Handbook for Pulp and Paper Technologist, Angus Wilde Publications: Vancouver Bellingham. – 1992. – P. 74-83.
4. Garrett, P.R. The Mode of Action of Anti-foams. In Defoaming Theory and Industrial applications, Garrett, P. R., Ed., Marcel Dekker: New York. - 1993; - P. 66-82.
5. McGee, J. Silicones: The Environmentally Friendly Drainage Aids for Brown stock Washing, APPITA Conference; Melbourne, Australia, May 2, 1991.
6. Abdolahi F. The Mechanism of Action of Antifoams / F. Abdolahi, M. Moosavian, A. Vatani // *Journal of Applied Sciences*. - 2005. - № 5. – P. 1122-1129.
7. Marinova K. G. Model studies on the mechanism of deactivation (exhaustion) of mixed oil– silica antifoams / K. G. Marinova, S. Tcholakova; N. D. Denkov; S. Roussev; M. Deruelle // *Langmuir*. - 2003. - 19 (7). – P. 3084-3089.
8. Drelich J. Interfacial Chemistry Aspects of De-Inking Flotation of Mixed Office Paper. / J. Drelich, J. Pletka, P. Boyd, E. Raber, D. Herron, E. Luhta et.al. // *SME Annual Meeting*, - 2001. - P. 1-2.
9. Самохвалова А.И. Основные типы струйных аэраторов, используемых при очистке сточных вод / А.И. Самохвалова, А.С. Куксова, В.А. Юрченко // *Науковий вісник будівництва*. – Х.: ХНУБА, ХОТВ, АБУ, 2015. – Вип. 2(80). – С. 124-128.
10. Virk A.P. Combined Enzymatic and Physical Deinking Methodology for Efficient Eco-Friendly Recycling of Old Newsprint/ A.P. Virk, M. Puri, V. Gupta, N. Capalash, P. Sharma // *PLOS ONE*:– 2013. - 8(8). - Access mode: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0072346>. (last access: 06.02.2019).
11. Mahshewari R. Analisis of effluents released from recycled paper industry / R. Mahshewari, B. Rani, A. Saxeno, M. Prasad, U. Singht // *Journal of Advanced Scientific Reserch*. - 2012. - № 3 (1). - P. 82-85.
12. Bellebia S. Experimental investigation of chemical oxygen demand and turbidity removal from cardboard paper mill effluents using combined electrocoagulation and adsorption processes. / S. Bellebia, S. Kacha, A. Z. Bouyakoub, Z. Derriche, // *Environ. Prog. Sustain. Energy*. – 2012. - № 31 (3). - P. 361-370.
13. Viesturs U. Biological deinking, technology for the recycling of office waste papers / U. Viesturs, M. Leite, M. Eisimonte, T. Ereemeeva, A. Treimanis // *Bioresource Technology*. – 1999. - № 67. - P. 255-265.
14. Pala H. Enzymatic versus chemical deinking of non-impact ink printed paper / H. Pala, M. Mota, F.M. Gama // *Journal of Biotechnology*. - 2004. - № 108. - P.79–89.

Юрченко В. А., Иванин П.С. ОСОБЕННОСТИ НАСЫЩЕНИЯ КИСЛОРОДОМ СТОЧНЫХ ВОД ПРОИЗВОДСТВА БУМАЖНЫХ ТОВАРОВ ИЗ МАКУЛАТУРНОЙ МАССЫ.

В экспериментальных исследованиях определили характеристики влияния различных силиконовых деаэраторов, которые добавляют в пульпу для предотвращения пенообразования, на степень насыщения кислородом сточных вод, которые образуются при производстве бумажных товаров из макулатурной массы. Показано, что силиконовые деаэраторы в концентрациях, характерных для промышленных сточных вод исследуемого производства, существенно уменьшают степень их насыщения кислородом и его концентрацию при аэрации сточных вод.

Ключевые слова: производство бумаги из макулатуры, сточные воды, пенообразование, силиконовые деаэраторы, аэрация, концентрация кислорода в сточных водах.

Yurchenko V. A., Ivanin P.S. FEATURES OF OXYGEN SEATING OF SEWAGE WATER PRODUCTION OF PAPER GOODS FROM THE PAPER MASS.

Experimental studies have determined the characteristics of the effect of various silicone deaerators, which are added to the pulp to prevent foaming, on the degree of oxygenation of wastewater, which are formed during the production of paper goods from waste paper. It is shown that silicone deaerators in concentrations, which are characteristic for industrial wastewater of the studied production, significantly reduce the degree of their oxygen saturation and its concentration during wastewater aeration.

Keywords: paper production from waste paper, wastewater, foaming, silicone deaerators, aeration, oxygen concentration in wastewater.