

**Іванін П.С., Юрченко В. О.***Харківський національний університет будівництва та архітектури,  
(вул. Сумська, 40, Харків, 61002, Україна; e-mail: [bjieknuca@gmail.com](mailto:bjieknuca@gmail.com))***ОСОБЛИВОСТІ СКЛАДУ СТИЧНИХ ВОД ЦЕЛЮЛОЗНО-ПАПЕРОВОГО  
ВИРОБНИЦТВА ПРИ ВИКОРИСТАННІ МАКУЛАТУРИ В ЯКОСТІ СИРОВИНИ**

Проведено аналіз складу стічних вод підприємств ЦПП, що для отримання паперової сировини та виробництва конкретних паперових виробів використовують первинну целюлозу з деревини й переробку макулатури. Встановлено, що стічні води, які утворюються при переробці макулатури, висококонцентровані за ХСК та БСК (співвідношення ХСК:БСК сприятливе для застосування біологічної очистки) та мають підвищений вміст завислих речовин.

**Ключові слова:** целюлозно-паперова промисловість, макулатура, стічні води, завислі речовини, органічні забруднення.

Целюлозно-паперова промисловість (ЦПП) належить до найбільш водо споживаючих галузей, а, отже, є потенційним джерелом високої екологічної небезпеки для природних водних об'єктів, куди здійснюється скидання стічних вод підприємствами галузі. Ступінь цієї небезпеки залежить не тільки від об'ємів стічних вод, але й від складу та концентрації речовин, що їх забруднюють, а він в свою чергу - від виду сировини та технологічного процесу, що застосовується на підприємстві [1, 2]. ЦПП України об'єднує близько 100 підприємств з виробництва паперу, картону та виробів з них. Особливості складу сировинної бази спонукали вітчизняні підприємства целюлозно-паперової промисловості орієнтуватися на випуск таких видів паперу та картону, які виробляються з вторинного волокна – макулатури. Виробничі потужності з виготовлення целюлози мають лише Жидачівський целюлозно-паперовий комбінат та Луцький картонно-рубероїдний комбінат, які працюють на задоволення власних потреб [3]. Підприємства ЦПП в Україні стабільно розвиваються, збільшують виробництво, модернізуються й мають значний потенціал росту. Однак рівень розвитку технологій з очищення стічних вод на них знаходиться на рівні 80-х років ХХ століття (а, отже, і залишкові концентрації забруднень на рівні вимог того часу). Проте невпинне посилення в Україні вимог до якості стічних вод при скиді в природні водойми, зу-

мовлене в тому числі й гармонізацією вітчизняних нормативів з європейським, робить створення та впровадження інтенсивних технологій очистки стічних вод на підприємствах ЦПП України вкрай актуальними.

Мета роботи – визначення основних екологічно небезпечних компонентів стічних вод, що утворюються в целюлозно-паперовому виробництві, зокрема на підприємствах, які працюють на макулатурі.

Виділяють два принципово різні шляхи отримання паперової сировини: використання первинної целюлози з деревини та переробка макулатури. В залежності від технології розділення деревини на волокна процеси отримання первинного волокна можна поділити на хімічні (сульфатна та сульфатна варка) та механічні (виробництво термомеханічної маси (ТММ) та хіміко-термомеханічної маси (ХТММ)) [1, 4]. Найбільш розповсюдженою в світі сировиною для ЦПП є хімічна целюлоза, отримана внаслідок сульфатної варки. В Україні целюлозно-паперова промисловість представлена в основному підприємствами переробниками макулатури.

В процесі отримання первинної целюлози загальною для всіх технологій є стадія попередньої підготовки деревини. Стічні води від операцій цієї стадії характеризуються великою кількістю волокон та органічних сполук (табл. 1).

Таблиця 1 – Фізико-хімічні характеристики стічних вод, що утворюються в процесі підготовки деревини, дм<sup>3</sup> [5, 6]

Показник	Значення
Температура, °С	До 30
Завислі речовини, мг/ дм <sup>3</sup>	До 1500
рН	6-8
Окислюваність перманганатна, мг О <sub>2</sub> / дм <sup>3</sup>	До 500
Сухий залишок	1150
Залишок прожарений, мг/ дм <sup>3</sup>	1100
ХСК, мг О <sub>2</sub> / дм <sup>3</sup>	1000
БСК <sub>5</sub> , мг О <sub>2</sub> / дм <sup>3</sup>	40

На основному виробництві целюлозно-паперових підприємств присутня велика кількість джерел утворення стічних вод: підготовка хімічних реагентів, процеси варки, промивка целюлози, процес відбілювання, випаровування лужних розчинів. Основним джерелом утворення стічних вод є варочні та відбілювальні цехи. Стічні води, утворені при сульфатному виробництві целюлози (табл. 2), характеризуються високим вмістом як органічних, так і неорганічних речовин.

Таблиця 2 – Фізико-хімічні характеристики стічних вод, що утворюються при виробництві целюлози [6-8]

Показник	ТММ	ХТММ	Сульфатний процес	Сульфітний процес
рН	4,2	-	10,2	1,8-5,9
Завислі речовини, мг/ дм <sup>3</sup>	810	500	16	45
БСК <sub>5</sub> , мг О <sub>2</sub> / дм <sup>3</sup>	2800	3000-4000	10700	3700-5100
ХСК, мг О <sub>2</sub> / дм <sup>3</sup>	7210	6000-9000	16000	9800

З неорганічних речовин стічні води містять солі натрію та вільні луги. Органічна частина забруднень складається з лактонів, лігніну, фенолів тощо [7]. Стічні води сульфатного виробництва целюлози містять переважно органічні забруднення, в тому числі лігносульфонові кислоти, моно- та полісахариди [6]. При використанні механічного процесу отримання целюлози забруднення складаються переважно з органічних речовин, кількість яких

значно підвищується при використанні відбілювання [1, 6].

Підприємства ЦПП, які в якості основного джерела сировини використовують макулатуру, споживають на виробничі цілі велику кількість водних ресурсів (табл. 3), що у вигляді стічних вод потім скидують у природні водойми, що представлені малими та середніми ріками. Для такої маловодозабезпеченої країни як Україна в цілому та для рік з невеликими об'ємами водовитрат зокрема, такі об'єми стічних вод та скиди забруднення становлять дуже велику небезпеку [9, 10].

Склад стічних вод, що утворюються при переробці макулатури (табл. 4, 5) залежить від якості сировини та вимог до кінцевого продукту. Технології переробки макулатури поділяють на дві категорії: процеси, що включають виключно механічну очистку (без очистки від фарби) та процеси, що включають як механічну так і хімічну очистку. Більшість підприємств з переробки макулатури інтегровані з виробництвом паперових виробів.

Як видно з даних табл. 4, склад стічних вод, що утворюються при підготовці макулатурної маси, у порівнянні зі складом стічних вод, що утворюються при виробництві целюлози з деревної маси (табл.2), мають певні особливості: рН стічних вод, що утворюються в процесі підготовки макулатури, нейтральний і не потребує корегування, БСК та ХСК значно нижчі, концентрація завислих речовини – вдвічі вища, ніж при виробництві ТММ та ХТММ і на два порядки вища, ніж при сульфатній та сульфатній варці.

Таблиця 3 – Використання води в виробництві паперу та картону на основі вторинного волокна [1]

Вид продукції	Питоме водокористування м <sup>3</sup> /т
Складний коробочний картон	5-30
Пакувальний папір	1,5 - 35
Газетний папір	9 - 20
Паперові серветки	9,5 - 50
Друкарський папір	9,5 - 55

Таблиця 4 – Фізико-хімічні характеристики стічних вод, що утворюються в процесі підготовки макулатурної маси [11, 12]

Показник	Значення
pH	6,79-7,62
БСК <sub>5</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	124-192
ХСК, мг/дм <sup>3</sup>	518-1276
Завислі речовини, мг/дм <sup>3</sup>	700-1500
Хлориди, мг/дм <sup>3</sup>	349-647

Співвідношення ХСК:БСК (4,2-6,6) в стічних водах, що утворюються в процесі підготовки макулатури, несприятливе для застосування біологічної очистки.

Таблиця 5 – Фізико-хімічні характеристики стічних вод, що утворюються в процесі виготовлення з макулатури кінцевої продукції [13, 14].

Сорт паперу	Сортова програма	Концентрація		Граничний об'єм стічних вод Q, дм <sup>3</sup> /кг
		БСК <sub>5</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	ХСК, мг/дм <sup>3</sup>	
Папір, що містить деревинну масу	Суперкаландрований	480	1020	20
	Ультралегкий мелований	460	1300	30
	Набивка, що містить деревинну масу	500	1160	30
	Картон (≤ 50% макулатури)	200	490	25
Папір, що містить макулатуру	Газета	1270	2400	20
	Папір – основа гофрованого картону	2840	5680	10
	Картон, що містить макулатуру	3000	5500	15
	Вторинний	400	790	20

**Висновки**

В Україні основною сировиною, що використовується на підприємствах ЦПП, є макулатура. Стічні води, що утворюються при переробці макулатури, висококонцентровані за вмістом органічних речовин та мають підвищений вміст завислих речовин. Співвідношення ХСК:БСК в стічних водах, що утворюються при переробці макулатури, сприятливе для застосування біологічної очистки.

**ЛІТЕРАТУРА:**

1. Suhr Michael, Klein Gabriele, Kourti Ioanna at el. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Production of Pulp, Paper and Board. - Luxembourg: Publications Office of the European Union: EUR 27235 EN, 2015. - 906 с.
2. Alexandersson T. Water Reuse in Paper Mills / Tomas Alexandersson. – Lund, 2003. – 138 с.

Склад стічних вод, що утворюються при одержанні кінцевої продукції з целюлози та макулатурної маси (табл. 5) також значно відрізняється: стічні води, що утворюються при одержанні продукції з макулатури більш концентровані за ХСК та БСК та дещо менші за питомим об'ємом. Співвідношення ХСК:БСК (1,8-2,0) в стічні води, що утворюються при виробництві з макулатури, сприятливе для застосування біологічної очистки.

3. Попадинець Н.М. Ринок целюлозно-паперової промисловості: тенденції, проблеми та напрями розвитку // Науковий вісник НЛТУ України: Збірник науково-технічних праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2011. – Вип. 21.8. – С.278-284.
4. María Noel Cabrera. Pulp Mill Wastewater: Characteristics and Treatment, Biological Wastewater Treatment and Resource Recovery, Prof. Robina Farooq (Ed.), InTech. – 2017. DOI: 10.5772/67537.
5. Романов Г.А. Механическая очистка сточных вод целлюлозно-бумажных предприятий / Г.А. Романов, В.П. Семенов. -М., 1985. - 375 с.
6. Ji-Whan Ahn, Mihee Lim. Characteristics of wastewater from the pulp and paper industrie and its biological treatment technologies // Journal of Korean Inst. of Resources Recycling. - 2009. - №18. - С. 16-29.
7. Kroiß D. Emissions to water for the Lenzing AG sulphite mill (viscose). Personal Commu-

- nication. – 2009 (цит. за Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Production of Pulp, Paper and Board).
8. Hubbe, M. A., Metts, J. R., Hermosilla, D., Blanco, M. A., Yerushalmi, L., Haghghat, F., Elliott, A. Wastewater treatment and reclamation: A review of pulp and paper industry practices and opportunities // BioResources. – 2016. - №11 (3). – С. 7953-8091.
  9. Коваленко А.Н., Юрченко В.А., Коваленко А.В., Лебедева Е.С. Образование сероводорода - проблема эксплуатационной надежности и экологической безопасности водоотведения // Науковий вісник будівництва. – Х.: ХНУБА, ХОТВ, АБУ, 2014. – Вип. 3(77). – С. 218-223.
  10. Есин М.А., Смирнов А.В., Юрченко В.А., Моделирование очистных сооружений канализации с применением технологии глубоко удаления соединений азота и фосфора. // Науковий вісник будівництва. – Х.: ХНУБА, ХОТВ, АБУ, 2012. – Вип.69. – С.283-287.
  11. Raaz Mahshewari, Bina Rani, Archana Saxeno, Magan Prasad, Upma Singht Analisis of effluents released from recycled paper industry // Journal of Advanced Scientific Reserch. - 2012. - №3(1). - С. 82-85.
  12. Bellebia, S., Kacha, S., Bouyakoub, A. Z., and Derriche, Z. Experimental investigation of chemical oxygen demand and turbidity removal from cardboard paper mill effluents using combined electrocoagulation and adsorption processes. // Environ. Prog. Sustain. Energy. – 2012. - №31(3). - p. 361-370.
  13. Лондонг Й., Розенвинкель К.-Х. Очистка промышленных сточных вод. Пер. с нем. / Й. Лондонг, К.-Х. Розенвинкель. – Научные основы и технологи, 2012. – 376 с.
  14. Gogate, P.R., and Pandit, A.B. A review of imperative technologies for wastewater treatment. I: Oxidation technologies at ambient conditions. // Adv. Environ. Res. – 2014. - №8. - p. 501-551.
- Іванін П.С., Юрченко В.О. ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА СТОЧНЫХ ВОД ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МАКУЛАТУРЫ В КАЧЕСТВЕ СЫРЬЯ.** Проведен анализ сточных вод предприятий ЦБП, которые образуются при производстве целлюлозной и макулатурной массы и конкретных бумажных изделий. Установлено, что сточные воды, которые образуются при переработке макулатуры высококонцентрированы по ХПК и БПК (ХПК:БПК благоприятно для использования биологической очистки) и имеют повышенное содержание взвешенных веществ.
- Ключевые слова:** целлюлозно-бумажная промышленность, макулатура, сточные воды, взвешенные вещества, органические загрязнения.
- Ivanin P.S., Iurchenko V. O. PECULIARITIES OF SEWAGE COMPOSITION IN THE PULP AND PAPER INDUSTRY WHEN USING WASTE PAPER AS A RAW MATERIAL.** The analysis of the sewage composition of the pulp and paper industry enterprises, using primary pulp from wood and recycling waste paper for obtaining paper raw materials and production of specific paper products is carried out. It is established that the wastewater that is formed during recycling of waste paper is highly concentrated in COD and BOD (the COD: BOD ratio is favorable for the use of biological treatment) and have an elevated content of suspended substances.
- Keywords:** pulp and paper manufacturing, waste paper, wastewater, suspended matter, organic pollution.