

3. Переста, І. Я. Забезпечення вдосконалення профілактичних заходів під час перевезення небезпечних вантажів [Текст] / І. Я. Переста, Л. О. Яришкіна, Ю. В. Зеленько та ін. // Зб. наук. пр. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. – Д.: Вид. ДНУЗТ, 2011. – Вип. 1. – С. 82-88.
4. Сорока, М. Л., Структурно-логіческая схема развития аварийных эмиссий углеводородов на железнодорожном транспорте и основные требования к сорбентам, применяемым для их ликвидации [Текст] / М. Л. Сорока, Л. А. Ярышкіна // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Вип. 37. – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2011. – С. 174-179.
5. Сорока, М. Л. Поглинальна здатність промислових відходів по відношенню до органічних розчинників, які перевозяться залізничним транспортом [Текст] / М. Л. Сорока, Л. О. Яришкіна, Л. В. Шевченко // Вісник дніпропетровського університету. Серія «Хімія» – 2012. – Вип. № 18. – С. 121-124.
6. Сорока, М. Л. Экологическая оценка сезонных муниципальных отходов на основе опалой листвы зон зеленых насаждений города Днепропетровск [Текст] / М. Л. Сорока, Л. А. Ярышкіна // Збірник наукових праць НГУ. – Д.: Національний гірничий університет. – 2012. – № 38. – С. 183-192

**Abstract**

*This paper focuses on problems of the implementation of oil spill clean-up technology. This type technology is often not effective because the sorbents are inaccessibly in the area of oil spill containment at the time. To solve the problem the authors propose the concept of using the waste of local industry as oil sorbent. The aim of this study is to highlight the possibility of using fallen leaves as a sorbent to clean-up the spill of oil and organic solvent. The laboratory experiments demonstrated that the sorbent based on fallen leaves showed good sorption properties and could be a viable alternative to traditional commercially synthetic sorbition materials. Environment humidity is a limiting factor to the use efficiency of the fallen leaves. We concluded that the fallen leaves of trees should be used to create a local strategic sorbents reserve for the prompt organization of activities to clean-up oil spills.*

**Keywords:** oil, sorbent, spill, clean-up, waste, fallen leaves of trees, sorption capacity, organic solvent

**Приведено спосіб отримання гідроксохлоридів алюмінію із гідроксиду алюмінію з соляною кислотою з подальшою їх обробкою для підвищення основності або у вакуумі, або з допомогою основних реагентів. Вивчено ефективність освітлення стічних вод даними коагулянтами**

**Ключові слова:** високоосновний алюмінієвий коагулянт, освітлення води, гідроксохлориди алюмінію, каламутність, відстоювання, фільтрування

**Приведены способы получения гидроксохлоридов алюминия из гидроксида алюминия с соляной кислотой с дальнейшей их обработкой для увеличения основности или в вакууме, или с помощью основных реагентов. Изучена эффективность осветления сточных вод данными коагулянтами**

**Ключевые слова:** высокоосновный алюминиевый коагулянт, осветление воды, гидроксохлориды алюминия, мутность, отстаивание, фильтрование

УДК 628.10(088.8)

# РОЗРОБКА КОАГУЛЯНТІВ ДЛЯ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ОСВІТЛЕННЯ СТІЧНИХ ВОД КАРТОННО-ПАПЕРОВИХ ВИРОБНИЦТВ

**Т. О. Шаблій**

Кандидат технічних наук, доцент  
 Кафедра екології та технології рослинних полімерів  
 Національний технічний університет України  
 «Київський політехнічний інститут»  
 пр. Перемоги, 37, корп. №4, м. Київ, Україна, 03056  
 Контактний тел.: (044) 236-60-83  
 E-mail: tania1@voliacable.com

## 1. Вступ

Картонно-паперова промисловість є одним з найкрупніших водоспоживачів в Україні. Водоемність виробництва паперу та картону складає 40-100 м<sup>3</sup>/т, що обумовлює утворення значних об'ємів стічних вод. Запобігти утворенню значних скидів стічних вод можливо при широкому застосуванні локальних систем водоочищення.

Інтенсифікація процесів освітлення оборотних вод паперових виробництв на локальних очисних спорудах є актуальною проблемою. Висока ефективність роботи цих споруд забезпечує суттєве скорочення витрати свіжої води на виробництво паперу та картону, призводить до значного зниження об'ємів стічних вод на тону паперу та картону. Самим простим способом підвищення ефективності освітлення води при її відстоюванні або флотації є використання коагулянтів [1]. При цьому відмічено, що



Як видно з таблиці, в даному випадку коагулянти істотно підвищують ефективність освітлення води. При цьому гідроксохлориди алюмінію більш ефективні в порівнянні із сульфатом алюмінію. У випадку даної стічної води 1/3 гідроксохлорид алюмінію (Ia) забезпечував найбільш ефективне освітлення води. Очевидно, це обумовлено незначним підкислюванням води при його використанні, на відміну від високоосновних реагентів [7].

Слід зазначити, що підвищення ефективності освітлення даної стічної води призводить до збільшення об'єму осаду, що обумовлено переведенням в осад домішок високого ступеню дисперсності.

Якщо порівняти ефективність коагулянтів при очищенні стічних вод картонно-паперового виробництва, то можна сказати, що в даному випадку доцільно використовувати 1/3 гідроксохлорид алюмінію (Ia) без підвищення його основності.

Таблиця 1

Ефективність коагулянтів при освітленні стічної води Київського картонно-паперового комбінату (С<sub>зм.р.</sub> = 1579 мг/дм<sup>3</sup>)

Коагулянт	Доза, мг/дм <sup>3</sup> (по Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	pH	Об'єм осаду, см <sup>3</sup> /дм <sup>3</sup>	С <sub>зм.р.</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	Ступінь освітлення, %
-	-	6,9	120	379,0	76,0
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	30	6,8	136	308,0	80,5
	50	6,7	150	278,0	82,4
	70	6,5	165	155,0	90,2
	100	6,4	180	106,0	93,3
Al(OH)Cl <sub>2</sub> (Ia)	30	6,7	220	154,5	90,2
	50	6,6	250	91,5	94,2
	70	6,5	280	60,9	96,1
Al(OH) <sub>2</sub> Cl (IIa)	30	6,8	190	233,3	85,2
	50	6,8	220	123,5	91,5
	70	6,7	240	101,3	93,6
Al(OH) <sub>2</sub> Cl (IIIб)	30	6,8	200	218,1	86,2
	50	6,7	220	150,2	90,5
	70	6,6	240	108,5	93,1
	100	6,5	250	91,0	94,2
Al(OH) <sub>2</sub> Cl (IVв)	30	6,8	180	205,2	87,0
	50	6,7	220	109,0	93,0
	70	6,6	240	97,3	93,8
	100	6,6	240	95,0	93,9
Al(OH) <sub>2</sub> Cl (Vr)	30	6,8	190	215,6	86,3
	50	6,7	230	127,4	92,0
	70	6,6	240	125,6	92,0
	100	6,5	250	99,0	93,7
Al <sub>2</sub> (OH) <sub>5</sub> Cl (IIIa)	30	6,9	200	197,6	87,5
	50	6,9	220	142,3	91,0
	70	6,9	230	107,9	93,2
	100	6,8	250	88,5	94,4
Al <sub>2</sub> (OH) <sub>5</sub> Cl (IIIб)	30	6,9	240	200,7	87,3
	50	6,8	240	148,3	90,6
	70	6,8	250	102,7	93,5
	100	6,7	280	91,3	94,2

В цілому, як видно з табл. 1, ефективність гідроксохлоридів алюмінію при очищенні даної партії стічної води суттєво вища, в порівнянні із сульфатом алюмінію. Ця різниця ще виразніша при очищенні сильно забрудненої стічної води, концентрація завислих речовин в якій сягає 3200 мг/дм<sup>3</sup> (табл. 2).

Як видно з табл. 2, при використанні сульфату алюмінію залишкова каламутність освітленої води при дозах коагулянту 30-100 мг/дм<sup>3</sup> (по Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) скла-

дала відповідно 940–1700 мг/дм<sup>3</sup>. В той же час, залишкові концентрації завислих речовин в очищеній воді для гідроксохлориду алюмінію (IIr) склали при тих же дозах 150–400 мг/дм<sup>3</sup>, для 5/6 гідроксохлориду алюмінію (IIIб) – 130–250 мг/дм<sup>3</sup>, а для 1/3 гідроксохлориду алюмінію (Ia) взагалі – 100–200 мг/дм<sup>3</sup>.

Таблиця 2

Залежність ефективності освітлення стічної води від типу та дози коагулянту

Коагулянт	Доза, мг/дм <sup>3</sup> (по Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	pH	С <sub>зм.р.</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	Ступінь освітлення, %
---	-	7,00	2400	25,0
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	30	6,40	1700	46,9
	50	6,40	1250	61,0
	70	6,50	1250	61,0
	100	6,40	940	70,6
Al(OH)Cl <sub>2</sub> (Ia)	50	6,40	200	93,7
	70	6,30	125	96,1
	100	6,30	100	96,9
Al(OH) <sub>2</sub> Cl (IIr)	50	6,40	400	85,9
	70	6,36	350	89,1
	100	6,36	150	95,3
Al <sub>2</sub> (OH) <sub>5</sub> Cl (IIIб)	50	6,40	250	92,2
	70	6,40	170	94,7
	100	6,50	130	95,9

Враховуючи вплив коагулянтів на підвищення ефективності очищення води фільтруванням [2, 8], було проведено дослідження, в яких визначали ефективність коагулянтів при освітленні оборотної води, як відстоюванням, так і фільтруванням. Дослідження проводили як при освітленні звичайної оборотної води, так і попередньо відстоюної води (табл. 3).

Таблиця 3

Вплив попереднього відстоювання на ефективність освітлення води відстоюванням і фільтруванням при використанні коагулянтів. (С<sub>зм.р.1</sub> = 2450 та С<sub>зм.р.2</sub> = 737,5 мг/дм<sup>3</sup>)

Реагент	Доза мг/дм <sup>3</sup>	С <sub>зм.р.</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	Залишкова каламутність, мг/дм <sup>3</sup>		Ступінь освітлення, Z, %		Ступінь освітлення після двох стадій, Z, %
			Після відстоювання	Після фільтрування	Після відстоювання	Після фільтрування	
1	2	3	4	5	6	7	8
---	---	2450	737,5	600	69,9	18,6	75,5
---	---	737,5	687,5	550	6,8	20	25,4
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	30	2450	560	273	77,1	60,3	88,9
	70	2450	238	86,3	90,3	87,4	96,5
	100	2450	133,5	28,5	94,5	95,8	98,8
	30	737,5	455	215	38,3	68,7	70,8
	70	737,5	220	45	70,2	93,5	93,9
	100	737,5	110	20	85,1	97,1	97,3
Al(OH)Cl <sub>2</sub>	30	2450	87,3	45,2	96,4	93,9	98,2
	70	2450	50,9	20,1	98,0	97,3	99,2
	100	2450	21,4	17,4	99,1	97,7	99,3
	30	737,5	40	18,3	94,6	97,3	97,5
	70	737,5	29,4	8,5	96,1	98,8	98,8
	100	737,5	14,9	3,2	98,0	99,6	99,6
Al <sub>2</sub> (OH) <sub>5</sub> Cl	30	2450	90	47,5	96,3	93,6	98,1
	70	2450	47,5	22,5	98,1	97,0	99,1
	100	2450	19,6	16,7	99,2	97,7	99,3
	30	737,5	41	21,5	94,4	96,9	97,1
	70	737,5	36,5	7	95,1	99,0	95,1
	100	737,5	24	4	96,7	99,4	99,5

Як видно з табл. 3, 1/3 та 2/3 гідроксохлориди алюмінію значно ефективніші сульфату алюмінію при відстоюванні води, що в свою чергу забезпечує більш ефективне очищення води при фільтруванні. Кращі результати отримано при досить високих дозах коагулянтів 75-100 мг/дм<sup>3</sup>. Значно знизити витрату коагулянтів можна при двохстадійному освітленні води.

В даному випадку коагулянт вводиться на другій стадії. Як видно з табл. 3, при введенні коагулянту на другій стадії, після попереднього відстоювання, можливо досягти суттєво більш низьких залишкових значень каламутності води, ніж при одностадійному відстоюванні води (при змішуванні коагулянтів з вихідною водою).

Із приведених вище результатів видно, що при очищенні стічних вод промислових підприємств, які характеризуються високою каламутністю, методом відстоювання з використанням алюмінієвих коагулянтів ефективність освітлення зростає з підвищенням дози коагулянту та при переході від сульфату алюмінію до

гідроксохлоридів алюмінію. Значно знизити витрату коагулянтів можна при двохстадійному освітленні води.

#### 4. Висновки

1. Запропоновано перспективний спосіб отримання гідроксохлоридів алюмінію із гідроксиду алюмінію та соляної кислоти при використанні надлишкового тиску на першій стадії процесу та вакууму на другій стадії процесу.
2. Встановлено умови перетворення 1/3 гідроксохлориду алюмінію у високоосновні солі при застосуванні основних реагентів (CaO, MgO, CaCO<sub>3</sub>).
3. Визначено взаємний вплив дисперсної фази та дисперсійного середовища на ефективність освітлення сильно забруднених промислових вод. Показано, що найвищу ефективність забезпечує 1/3 гідроксохлорид алюмінію.

#### Література

1. Парсараси, Н. Исследование гидроксид алюминия (III) для применения в очистке сточных вод. Свойства полимера и оптимальные условия подготовки [Текст] / Н. Парсараси, Дж. Буффл // Water Research, том 19, выпуск 1, 1985, страницы 25-36.
2. ЭКВАТЭК – 2006: 7-й международный конгресс “Вода: экология и технология” Применение коагулянтов на российских водопроводах: тез. докл. конф. (30 мая – 2 июня, 2006) [Текст] / Гетманцев С.В. – Москва: 2006. – С. 166.
3. Шутько, А. П. Использование алюминийсодержащих отходов промышленных производств [Текст] / Шутько А. П., Басов В. П.; – К.: Техника, 1989. – 112 с.
4. Чистая вода России – 2001. Пути снижения стоимости коагулянтов: тез. докл. на VI Международном симпозиуме (2001) [Текст] / Гомеля Н. Д., Шабанов М. В., Крысенко Т. В. – Екатеринбург: 2001 - С. 109.
5. А.с. 386843 СССР, МКИ СО 1 F7/56. Способ получения основного хлорида алюминия [Текст] / Щепачев Б. М., Левицкий Э. А. - № 1326832; заявл. 10.03.71; опубл. 21.05.73, Бюл.№ 27.
6. Гомеля, М. Д. Отримання основних солей алюмінію – високоефективних коагулянтів для очищення води [Текст] / Гомеля М.Д.// Наукові вісті НТУУ “КПІ”. – 1999. - № 2. – С.150 – 154.
7. Гомеля, М. Д. Розробка коагулянтів для процесів освітлення води [Текст] / Гомеля М. Д., Крисенко Т. В. // Наукові вісті НТУУ “КПІ”. – 2004.- № 2.- С. 111 – 116.
8. Потанина, В. А. Физико-механическая очистка сточных вод оксихлоридом алюминия [Текст] / В.А. Потанина, И.Н. Мясников, Л.М. Сурова // Водоснабжение и санитарная техника. –1988.- №10. – С.22-24.

#### Abstract

*The intensification of the clarification processes of sewage waters of paper production at local clearing plants is the urgent problem. The high performance of these plants provides the significant reduction of fresh water for the production of paper and paperboard, and leads to the significant reduction of amounts of sewage waters per tonne of paper and paperboard. Therefore there is a need to find highly efficient reagents for the intensification of clarification of sewage waters with high turbidity. In the first place, these reagents should include aluminum hydroxochloride.*

*In the article we suggest a way to get 1/3 of aluminum hydroxochloride, based on the interaction of technical aluminum hydroxide with hydrochloric acid. To increase the basicity of the coagulants we suggested two alternative methods. The first method consists in heating of the obtained 1/3 of aluminum hydroxochloride in a vacuum. As a result, due to partial hydrolysis of 1/3 of aluminum hydroxochloride at 100 °C, the last turned into 2/3 of aluminum hydroxochloride, and at 140 °C in 5/6 of aluminum hydroxochloride. The alternative way to increase the basicity of 1/3 of aluminum hydroxochloride is the processing of obtained coagulant with basic reagents such as: CaO, MgO, CaCO<sub>3</sub>.*

*To confirm the perspectives of application of the obtained coagulants the researches were conducted to determine their effectiveness in the clarification of sewage waters of high turbidity of paper and paperboard production.*

**Keywords:** aluminum coagulant of high basicity, water clarification, aluminum hydroxochloride, turbidity, sedimentation, filtration