

ОПТИМІЗАЦІЯ РОБОТИ БІОЛОГІЧНИХ ОЧИСНИХ СПОРУД КАРТОННО-ПАПЕРОВОГО КОМБІНАТУ

М. Д. Гомеля, Т. В. Крисенко, О. С. Коваль –

Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”

Исследовано влияние катионных флокулянтов на активный ил и определено, что они не токсичны для активного ила. Установлено, что оборотные и сточные воды ОАО “Киевский картонно-бумажный комбинат” содержат нитчатые формы микроорганизмов, которые вызывают вспухание активного ила на очистных сооружениях комбината. Исследовано влияние полисахаридов на примере крахмалов на активный ил очистных сооружений ОАО “Киевский картонно-бумажный комбинат”. Показано, что именно полисахариды стимулируют развитие нитчатых форм микроорганизмов в активном иле. Установлено, что развитие этих микроорганизмов активизируется также при повышении температуры с 18 – 20 до 30 – 40 °С. Определено влияние коагулянтов на содержание нитчатых форм в активном иле. Показано, что лучшие результаты получены при использовании 5/6 гидроксохлорида алюминия.

The influence cation flocculant on active silts is investigated and is determined, that they not toxic for active silt. Is established, that reclaimed and waste water OJС “the Kiev cardboard-paper combine” contains of thread form of microorganisms, which cause swell of active silt on clearing structures of combine. The influence polysaccharides on an example starches on active silts of clearing structures OJС “the Kiev cardboard-paper combine” is investigated. Is shown, what exactly polysaccharides stimulate development of thread forms of microorganisms in active silt. Is established, that the development of thread forms of microorganisms grows also at increase of temperature with 18 – 20 up to 30 – 40 °С. The influence coagulants on the contents of thread forms in active silt is determined. Is shown, that the best results are received at use 5/6 hydroxychloride of aluminium.

ВСТУП

Останнім часом на виробництвах ВАТ “Київський картонно-паперовий комбінат” досить широко використовують флокулянти. Вони додаються у композиції, з яких виробляють картон та папір для покращення утримання маси на сітці, для прискорення зневоднення маси та підвищення продуктивності машин і якості продукції, для інтенсифікації процесів зневоднення скопу, який виділяється з води на локальних очисних спорудах. Тому можна вважати, що частково дані реагенти залишаються у воді і зі стічними водами потрапляють на очисні споруди комбінату, в тому числі і в аеротенки. Більшість із флокулянтів, що використовуються, – це катіоновані поліакриламіді. До них можна віднести флокулянти типу „Percol” та „Zetag” (фірма „Сіба”), типу „Praestol” (фірма „Штокгаузен”). Відрізняються вони лише молекулярною масою поліакриламіду та ступенем його катіонування. Флокулянти типу “Alcofix” є продуктами поліконденсації диметиламіну та епіхлоргідрину. Вони характеризуються невисокими молекулярними масами (до 300000) та високим зарядом молекул. Усі вищеперераховані речовини відносяться до амонійних сполук. З іншого боку, відомо, що амонійні ПАР характеризуються високою бактерицидністю [1]. Тому логічно було визначити вплив вищезгаданих флокулянтів на активний мул очисних споруд комбінату.

Значною проблемою в роботі очисних споруд комбінату є спухання активного мулу, яке час від часу спостерігається у вторинних відстійниках. Відомо, що спухання активного мулу в біологічних очисних спорудах є багатofакторним процесом, причини якого на різних очисних спорудах різні, що виключає можливість розробки універсальних методів боротьби зі спуханням. Тому важливо встановити конкретні причини цього явища на очисних спорудах комбінату та розробити заходи, які дозволяють запобігти спуханню активного мулу і забезпечують ефективну роботу очисних споруд.

ОЦІНКА ВПЛИВУ ФЛОКУЛЯНТІВ, КРОХМАЛІВ ТА КОАГУЛЯНТІВ НА АКТИВНИЙ МУЛ АЕРОТЕНКУ КАРТОННО-ПАПЕРОВОГО КОМБІНАТУ

Для оцінки впливу різних реагентів на активний мул аеротенку були проведені дослідження з використанням активного мулу очисних споруд ВАТ “Київський картонно-паперовий комбінат” (ВАТ “ККПК”) та Бортничівської станції аерації (БСА). До проб активного мулу, відібраних із вторинних відстійників, додавали стічну воду для створення концентрації по активному мулу 3 г/дм³. У проби додавали реагенти в заданих концентраціях і суміш ефективно аерували в мірному циліндрі за допомогою мікрокомпресорів протягом 3–24 годин. Після цього за відомими методиками визначали муловий індекс [2], а в окремих випадках – індекс послідов-

ного порівняння та наявність нитчастих мікроорганізмів [3].

Результати встановлення впливу згаданих вище флокулянтів на активний мул очисних споруд ВАР "ККПК" наведено в табл. 1.

Незважаючи на те, що дані, наведені в таблиці, до певної міри відрізняються між собою, по одержаних результатах важко виділити якісь із вивчених флокулянтів. У значній мірі зміни значень мулового індексу можна пов'язати із зміною самого вихідного активного мулу. Адаже відомо, що навіть при нормальній роботі аеротенків при зміні якості стічних вод (що практично не можливо регулювати), при зміні температури повітря постійно міняється стан активного мулу в аеротенках. Складність оцінки дії флокулянтів на активний мул полягала в тому, що крім біохімічної взаємодії між флокулянтами та мікроорганізмами спостерігалась флокулююча дія

застосованих реагентів. Це впливало як на муловий індекс, так і на процеси біохімічного окислення домішок, які протікають у воді. Тому в окремих випадках при середніх та високих концентраціях флокулянтів, які використовувались у дозах від 0,1 до 50 мг/дм³, спостерігалось певне підвищення мулового індексу (табл. 1). В інших випадках при підвищених дозах флокулянтів муловий індекс знижувався саме завдяки флокуляції мікробів активного мулу. Особливо це помітно при високих концентраціях флокулянтів. Наприклад, при дозі флокулянту Percol 178 50 мг/дм³ муловий індекс знижується до 39 – 45 см³/г, що майже вдвічі менше, ніж для необробленого активного мулу.

Незважаючи на те, що флокулянти використовувались у великих концентраціях (до 50 мг/дм³), не було відмічено їх токсичної дії на мікроорганізми активного мулу. Очевидно, що в стічних водах дані

Таблиця 1

Вплив флокулянтів на муловий індекс (МІ) мулу з аеротенку ВАР "ККПК"

Флокулянт	Концентрація флокулянту, мг/дм ³	Муловий індекс, см ³ /г		
		Час аерації активного мулу, год.		
		3	7	24
1	2	3	4	5
Zetag 7632	0,0	95	84	81
	0,5	134	137	122
	1,0	114	95	97
	10,0	95	138	130
	20,0	116	120	121
Zetag 7563	0,0	212	113	97
	0,5	169	109	92
	1,0	223	150	101
	10,0	236	198	100
	20,0	276	160	119
Percol 178	0,0	93	89	95
	0,5	124	133	128
	1,0	121	117	117
	10,0	120	88	90
	20,0	83	75	76
Percol 455	0,0	125	111	116
	0,5	160	154	69
	1,0	140	147	64
	10,0	158	159	68
	20,0	152	129	89
Praestol 853 BC	0,0	95	84	81
	0,5	93	80	80
	1,0	95	79	80
	20,0	89	72	74
Alcofix 159	0,0	172	159	120
	0,5	155	133	129
	1,0	117	107	112
	10,0	102	132	144
	20,0	158	153	123

реагенти присутні в значно менших концентраціях, тому не можуть негативно впливати на активний мул.

Про відсутність токсичної дії розглянутих катіонних флокулянтів на мікроорганізми активного мулу можна судити і по індексах послідовного порівняння мулу, які були визначені при використанні флокулянтів разом із мулом очисних споруд ВАР "ККПК". У цьому випадку слід відмітити відсутність впливу флокулянтів на видовий склад активного мулу.

Отримані результати показують, що всі досліджені речовини нетоксичні для гідробіонтів активного мулу і, практично, у дозах, якими користуються, не впливають на величину мулового індексу й індексу послідовного порівняння. Доза 50 мг/дм³ викликає об'єднання пластівців активного мулу в єдиний жмут, при цьому окремі види гідробіонтів неможливо розрізнити, як і неможливо встановити сам індекс послідовного порівняння.

Ретельний аналіз отриманих результатів щодо впливу флокулянтів на показники активного мулу показує, що найбільше на муловий індекс (у бік його зменшення) впливає флокулянт Percol 178.

Спухання мулу завжди пов'язане з бурхливим розвитком нитчастих мікроорганізмів. Значні кількості цих мікроорганізмів присутні в активному мулі біологічних очисних споруд комбінату. Тому нами було проведено аналіз вод із різних потоків виробничих циклів ВАР "ККПК", а також аналіз загального потоку стоків ВАР "ККПК" на наявність нитчастих бактерій. На основі проведених досліджень було встановлено, що лише у стічних водах картоноробної машини № 1 відсутні нитчасті бактерії. Очевидно, це пов'язано з використанням у процесі сульфату алюмінію, оскільки алюмінієві коагулянти пригнічують розвиток нитчастих форм мікроорганізмів.

У всіх інших потоках відмічено присутність нитчастих бактерій. Це стосується як відділення підготовки маси, паперо- та картоноробних машин, так і локальних очисних споруд. Очевидно, в оборотних водах комбінату є компоненти, які сприяють розвитку нитчастих мікроорганізмів. Можливо цьому сприяє також підвищена температура оборотних вод комбінату.

Оскільки серед різномірних домішок, які є в оборотних водах комбінату, завжди наявні целюлозні волокна та крохмаль, що відносяться до полісахаридів, то ми допустили, що саме ці речовини впливають на розвиток нитчастих мікроорганізмів. Для підтвердження цього припущення активний мул Бортничівської станції аерації (БСА), в якому не було відмічено присутності нитчастих мікроорганізмів, змішувався перед аерацією з кукурудзяним крохмалем та катіонованим крохмалем "Ceresan" (концентрації від 20 до 100 мг/дм³). Крім того, використовували суміш активного мулу очисних спо-

руд ВАР "ККПК" із цими ж речовинами та суміш стічної води після радіальних відстійників з активним мулом БСА. В присутності кукурудзяного крохмалу починають інтенсивно розвиватись нитчасті мікроорганізми. Кількість їх зростає із підвищенням концентрації крохмалу. У присутності катіонованого крохмалу при дозі 20 мг/дм³ відмічено дещо менший ріст нитчастих мікроорганізмів, проте при концентрації 100 мг/дм³ відзначався значний ріст цих мікроорганізмів. Кукурудзяний та катіонований крохмалі суттєво збільшують число нитчастих мікроорганізмів і в активному мулі очисних споруд ВАР "ККПК".

Цілком можливо, що і дрібне целюлозне волокно, яке, як і крохмаль, є полісахаридом, сприяє росту нитчастих мікроорганізмів. Тому можна сказати, що в оборотних водах унаслідок присутності полісахаридів створюються сприятливі умови для розвитку нитчастих мікроорганізмів. Цьому сприяє і підвищена температура води. Це, в певній мірі, пояснює погіршення процесу очищення стічних вод улітку з підвищенням температури води. Даний ефект може підсилюватись і за рахунок інших факторів, таких як внесення у воду бактерицидів, що можуть бути більш токсичними для інших організмів активного мулу і менше – для нитчастих. Несприятливо може впливати на інші мікроорганізми й підвищення вмісту ПАР та вуглеводнів, що попадають у воду під час промивки сіток від смолистих речовин. Можливі й інші впливи, проте з наведених даних очевидно, що при збільшенні вмісту у воді полісахаридів, при підвищенні температури, а отже, при зниженні вмісту кисню створюються сприятливі умови для розвитку нитчастих бактерій, які у свою чергу є причиною спухання активного мулу у вторинних відстійниках.

Про вплив кукурудзяного та катіонованого крохмалів на муловий індекс активного мулу з очисних споруд ВАР "ККПК" можна судити по даних, наведених у табл. 2. В обох випадках відмічено приріст мулового індексу при застосуванні крохмалів, що можна пояснити ростом нитчастих мікроорганізмів.

Для запобігання спуханню активного мулу і боротьби з нитчастими формами у літературі частіш за все рекомендують використовувати коагулянти [4]. Автори даної роботи повідомляють, що для пригнічення росту нитчастих на станції аерації, який супроводжувався спуханням активного мулу, протягом трьох місяців успішно використовували поліалюміній гідроксохлорид. На семінарі в Аахені (ФРН), де представники понад 60 наукових та виробничих організацій обговорювали проблему спухання активного мулу, було визначено, що гідроксохлорид алюмінію, нарівні із флокулянтами, забезпечує позитивні результати при боротьбі з нитчастими формами [5]. Менш перспективним є застосування азотовмісних сполук.

Тому для боротьби з нитчастими були використані 5/6 гідроксохлорид алюмінію та флокулянт

Вплив крохмалів на муловий індекс активного мулу з очисних споруд ВАТ "ККПК"

Крохмаль	Концентрація крохмалю, мг/дм ³	Муловий індекс, см ³ /г			
		Час контакту з активним мулом, год.			
		3.0	7.0	24.0	48.0
Кукурудзяний	0,0	93	89	95	80
	20,0	180	149	161	135
	100,0	137	150	129	111
	1000,0	153	182	109	102
Катіонований "Ceresan"	0,0	93	89	95	80
	10,0	168	160	148	130
	20,0	120	120	115	112
	100,0	112	117	117	107

Таблиця 3

Вплив реагентів на мулову суміш очисних споруд ВАТ "ККПК"

№ пп	Реагент	Доза, мг/л	Час аерації, год.	Муловий індекс, см ³ /г	Індекс послідовного порівняння	Наявність нитчастих мікроорганізмів
1	-	-	4	140	0.33	++
			7	120	0.33	++
			24	122	0.32	++
2	Al ₂ (OH) ₅ Cl	20	4	120	0.70	-
		20	7	118	0.71	-
		20	24	100	0.72	-
		20*	4	128	0.42	±
		20*	7	120	0.43	±
		20*	24	110	0.40	±
3	Percol 455	20	4	132	0.35	++
		20	7	129	0.33	++
		20	24	90	0.31	+

Примітки:

- відсутність нитчастих форм

± нитки зустрічаються рідко

+ поодинокі нитки

++ нитчасті форми зустрічаються часто

+++ нитчасті форми по всьому полю зору

* - воду з активним мулом змішали після обробки коагулянтом і відстоювання

Percol 455. Реагенти добавляли в мулову суміш очисних споруд ВАТ "ККПК". Суміш аерували протягом 7 - 24 годин, після чого визначали муловий індекс, індекс послідовного порівняння, наявність нитчастих форм мікроорганізмів. В одному з дослідів стічну воду з ВАТ "ККПК" обробляли коагулянтом, відстоювали, змішували з активним мулом та аерували (табл. 3 п. 10 - 12). Результати зведено в табл. 3.

Як видно з таблиці, найкращі результати отримано при застосуванні гідроксохлориду алюмінію - відмічено зниження мулового індексу та збільшення більш як удвічі індексу послідовного порівняння. При цьому в суміші відсутні нитчасті форми мікроорганізмів. Згідно з отриманими результатами, не лише зникають нитчасті форми з активного мулу та

знижується його муловий індекс, але суттєво зростає різноманіття гідробіонтів.

При використанні 5/6 гідроксохлориду алюмінію лише для попередньої обробки води результати дещо нижчі. Очевидно в цьому випадку доза коагулянту недостатня, щоб скоагулювати й видалити з води всі нитчасті форми.

При застосуванні флокулянту Percol 455 було досягнуто зниження мулового індексу, але на різноманіття гідробіонтів він практично не впливав. Даний флокулянт також не дозволяв знизити вміст нитчастих форм мікроорганізмів у воді.

Для більш чіткого визначення впливу алюмінієвих коагулянтів на розвиток нитчастих форм активного мулу, для чіткого визначення місця введення коагулянту, були проведені дослідження з

Вплив алюмінієвих коагулянтів на мулову суміш стічних вод ВАТ "ККПК" та активного мулу БСА

№ п/п	Коагулянт	Доза (по Al_2O_3), мг/л		Час аерації, год.	Муловий індекс, см ³ /г	Індекс послід. порів.	Наявність нитчастих мікроорганізмів
		перед відстоюв.	після відстоюв.				
2	–	–	–	7	131	0,75	++
4	–	–	–	7*	150	0,51	+++
9	$Al_2(SO_4)_3$	20	–	7	116	0,74	±
12	$Al_2(SO_4)_3$	70	–	7	102	0,65	–
18	$Al_2(SO_4)_3$	–	20	7	106	0,43	±
21	$Al_2(SO_4)_3$	–	70	7	104	0,33	–
22	$Al_2(SO_4)_3$	–	70	24	103	0,32	–
23	$Al_2(SO_4)_3$	–	70	7*	110	0,30	±
26	$Al_2(OH)_5Cl$	10	–	7	105	0,83	±
32	$Al_2(OH)_5Cl$	70	–	7	95	0,75	–
36	$Al_2(OH)_5Cl$	–	10	7	122	0,82	+
42	$Al_2(OH)_5Cl$	–	70	7	107	0,64	–
44	$Al_2(OH)_5Cl$	–	70	7*	112	0,57	–

Примітки:

– відсутність нитчастих форм;

± нитки зустрічаються рідко;

+ поодинокі нитки;

++ нитки зустрічаються часто;

+++ нитчасті форми по всьому полю зору.

* – температура 30 °С.

використанням активного мулу з Бортичівської станції аерації та стічних вод Київського картонно-паперового комбінату. Мул БСА використовували тому, що він у меншій кількості містить нитчасті форми в порівнянні з мулом очисних споруд ВАТ "ККПК" і тому, що значні кількості нитчастих форм в активному мулі не дають можливості оцінити ефективність обробки води перед первинними відстійниками. Очевидно, що після видалення нитчастих форм з води на первинних відстійниках при наявності великої їх кількості в активному мулі вони в значній мірі будуть впливати на процес взаємодії активного мулу з водою. Можливо саме цим можна пояснити послаблення дії 5/6 гідроксохлориду алюмінію при уведенні його у воду перед відстоюванням у порівнянні з прямим уведенням коагулянту в суміш води з активним мулом. Активний мул БСА мав концентрацію 7,7 г/дм³, муловий індекс 115 см³/г, індекс послідовного порівняння 0,83. Стічна вода мала концентрацію завислих речовин 3890 мг/дм³, характеризувалась високим умістом нитчастих форм бактерій. При проведенні досліджень вивчали вплив дози коагулянту, часу аерації, температури на муловий індекс, індекс послідовного порівняння та на наявність нитчастих форм мікроорганізмів. Результати наведені в табл. 4.

У даних дослідженнях крім 2/3 гідроксохлориду алюмінію використовували більш поширений коагулянт – сульфат алюмінію. Використання коагулянтів однозначно покращує основні показники активного мулу після аерації. Відмічено зниження

мулового індексу при всіх концентраціях коагулянтів, зниження вмісту нитчастих форм бактерій. При цьому дещо вища ефективність спостерігалась при застосуванні гідроксохлориду алюмінію. Крайні результати отримано при введенні коагулянтів у воду перед відстоюванням у порівнянні з прямим уведенням коагулянту у мулову суміш перед аерацією. Особливо відчутний вплив порядку введення коагулянту на індекс послідовного порівняння, тобто на біорізноманіття активного мулу. При обробці води перед відстоюванням коагулянтом і при змішуванні відстоюної води з активним мулом перед аерацією при дозах коагулянтів 10 – 20 мг/дм³ (по Al_2O_3) спостерігалось зниження мулового індексу, вмісту нитчастих форм при незмінному значенні індексу послідовного порівняння. Лише при дозі 70 мг/дм³ (по Al_2O_3) у випадку сульфату алюмінію спостерігалось певне зниження цього показника. У випадку гідроксохлориду алюмінію цей показник практично залишався без змін. Слід відмітити, що при дозах 70 мг/дм³ (по Al_2O_3) було відмічено повне зникнення нитчастих форм в активному мулі.

При прямому введенні коагулянтів у мулову суміш зниження індексу послідовного порівняння спостерігалось при використанні обох коагулянтів (більше у випадку сульфату алюмінію). При цьому муловий індекс знижувався з ростом концентрації коагулянтів.

Слід відмітити, що при використанні коагулянтів при підвищенні температури від 20 °С (температура проведення аерації) до 30 °С практично не

відмічено підвищення мулового індексу та вмісту нитчастих форм та зниження індексу послідовного порівняння, тоді як у контрольному досліді суттєво збільшився вміст нитчастих форм, муловий індекс та індекс послідовного порівняння знизився.

Таким чином, можна сказати, що кращим реагентом для боротьби з нитчастими формами мікроорганізмів в активному мулі, його спуханням є 5/6 гідроксохлорид алюмінію. Можливе використання сульфату алюмінію. Коагулянти у воду краще вводити перед первинними відстійниками. Ефективні дози 10 – 70 мг/дм³ по Al₂O₃.

ВИСНОВКИ

1. Показано, що катіонні флокулянти типу "Percol", "Zetag", "Praestol", "Alcofix" при використанні в концентраціях від 0,1 до 50 мг/дм³ не токсичні для активного мулу очисних споруд ВАТ "ККПК".
2. Установлено, що оборотні та стічні води ВАТ "ККПК" містять нитчасті форми мікроорганізмів, які викликають спухання активного мулу на очисних спорудах комбінату.
3. Визначено вплив полісахаридів на прикладі крохмалів на активний мул очисних споруд ВАТ "ККПК", показано, що саме полісахариди стимулюють розвиток нитчастих форм мікроорганізмів в активному мулі. Установлено, що розвиток нитчастих форм мікроорганізмів зростає при підвищенні температури з 18 – 20 до 30 – 40 °С.
4. Показано, що муловий індекс активного мулу очисних споруд ВАТ "ККПК" у присутності крохма-

лів зростає за рахунок розвитку нитчастих форм мікроорганізмів.

5. Визначено вплив коагулянтів на вміст нитчастих форм в активному мулі. Показано, що 5/6 гідроксохлорид алюмінію та сульфат алюмінію у дозах 10 – 70 мг/дм³ (по Al₂O₃) забезпечують зниження мулового індексу, покращують різноманітність його гідробіонтів та дозволяють знизити вміст нитчастих форм до мінімуму. Кращі результати отримано при використанні гідроксохлориду алюмінію. Коагулянти слід подавати у воду перед первинними відстійниками.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ставская С.С., Удод В.М., Таранова Л.А., Кривец І.А. Микробиологическая очистка воды от поверхностно-активных веществ. – К.: Наук. думка, 1988. – 184 с.
2. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения. СанПин № 4630–88/Министерство здравоохранения СССР. – М., 1988. – 68 с.
3. Микробиологические и гидробиологические методические указания к лабораторным работам. – Л.: Изд-во ЛИСИ, 1971. – 75 с.
4. Knapp P., Baumgartner D., Gerhard K. Bekämpfung von Blahschlamm mit Polyaluminiumhydroxid ohlorid. : Betriebserfahrungen auf einer kommunalen klaranlage. – KA.- Wasserwirt., Abwasser., Abfall. 2001. 48, № 3, с. 334–336, 338–340, биб. б.
5. Herbst H., Rise H., Brands E., Sohrmann B. Betriebsprobleme in kommunalen klaranlagen durch Blahschlamm Sohimmischlamm und Schaum. KA.- Wasserwirt., Abwasser., Abfall. 2001, 48, № 56. – С. 598–602.