УДК 628.356.39+674.59

Н. С. Ручай, доцент; М. В. Рымовская, ассистент; Е. В. Марьина, студентка

АНАЭРОБНАЯ БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА СТОЧНОЙ ВОДЫ ПРОИЗВОДСТВА ДРЕВЕСНОВОЛОКНИСТЫХ ПЛИТ

Wood-fibrous production wastewater treatment process at anaerobic bioreactors by spontaneously developing microorganisms has been investigated. Microbial destruction of dissolved pollution and bioflocculation sedimentation of suspended solids by exopolysaccharides of bacterial cells processes occur at bioreactor. Possibility of reducing dirtiness level of wastewater with effectiveness 70–90% by chemical oxygen demand index in the time of organic loading rate 2,2 kg COD/(m^3 · day) have been shown.

Введение. В производстве древесноволокнистых плит образуются сточные воды с высоким уровнем загрязненности, особенность которых состоит в том, что они содержат, кроме растворенных компонентов (углеводы, органические кислоты и др.), значительное количество труднодеструктируемой взвешенной массы, которая не осаждается в гравитационном поле при длительной выдержке. Высокий уровень загрязненности по показателю химического потребления кислорода (ХПК) затрудняет биологическую очистку сточной воды в классических аэробных сооружениях, а применение различных методов флотационной очистки [1] при значительных энергозатратах на процесс не обеспечивает удаление растворенных компонентов. Комбинированные схемы полной очистки сточных вод для сброса в естественный водоем не применимы из-за громоздкости технологического процесса. Необходим поиск новых решений для создания эффективной и малоэнергозатратной технологии, обеспечивающей предварительную очистку сточной воды до уровня загрязненности, который позволяет сбросить очищенную воду в городскую канализационную сеть либо вернуть ее в производство для замены части воды, используемой на технологические нужды. Такая технология может быть создана на базе современных конструкций анаэробных биореакторов, которые выгодно отличаются низкими энергетическими затратами и достаточно широко применяются в европейских странах.

В настоящей работе поставлена задача исследовать процесс анаэробной очистки сточной воды производства древесноволокнистых плит.

Объекты и методы исследований. Объектом исследования являлась сточная вода Бобруйского завода древесноволокнистых плит, имеющая следующие показатели: pH 4,5–4,8, ХПК 18 400 мг O_2/л, взвешенные вещества 2200 мг/л, сухой остаток 13 500 мг/л.

В исследованиях использовали биореакторы типа анаэробный биофильтр с иммобилизованными на полиамидном волокнистом носителе (насадка «ВИЯ») анаэробными микроорганизмами, спонтанно развивающимися в сточной воде. Плотность загрузки биореакторов носителем составляла 12 г/л. Процесс анаэробной очистки в периодическом режиме осуществляли в биореакторах объемом 0,5 л, которые эксплуатировали в идентичных условиях, но при различных температурах (30 и 50°С). Температуру процесса поддерживали термостатированием биореакторов в суховоздушном термостате.

Для накопления микроорганизмов и иммобилизации их на носителе заполненные сточной водой биореакторы выдерживали в течение 15 сут. Затем обеспечивали их функционирование в отъемно-доливном режиме на протяжении 60 сут с регулярной заменой части жидкости (100–300 мл) в аппаратах на исходный сток.

После выхода биореакторов на стабильный режим работы производили залповую замену всей жидкости в биореакторах на разбавленную в 3 раза исходную сточную воду (эксперимент 1), разбавленную в 2 раза (эксперимент 2) и не разбавленную исходную сточную воду (эксперимент 3). Во всех экспериментах сточную воду предварительно нейтрализовали известковым молоком до величины pH 7,5 ± 0,2, измерявшейся при помощи прибора «pH/ORP meter HANNA instruments» по инструкции производителя. Завышенный уровень pH использовали для частичной нейтрализации образующихся органических кислот и обеспечения оптимальных условий для жизнедеятельности метаногенных микроорганизмов.

Исследовали динамику изменения показателя ХПК и величины pH очищаемой воды, определяли содержание взвешенных веществ и сухого остатка в биологически очищенной воде, а также ее цветность. Показатели ХПК, содержание взвешенных веществ и сухого остатка определяли по [2], цветность воды оценивали по хромово-кобальтовой шкале при длине волны 420 нм в соответствии с [3]. Отбор проб очищаемой воды из биореактора осуществляли без нарушения анаэробности процесса через резиновую прокладку в крышке шприцем с удлиненной иглой.

Непрерывный процесс очистки производственного стока моделировали в анаэробном биофильтре с восходящим потоком жидкости (объем биореактора 1 л), который функционировал в мезофильном режиме (30°С). Дозирование сточной воды в биореактор осуществляли перистальтическим насосом с удельной скоростью разбавления среды в аппарате 0,01–0,04 $ч^{-1}$. Скорость протока среды изменяли ступенчато. Отбор проб производили после полутора-двукратной смены объема жидкости в биореакторе при данной скорости

протока. Предварительно биореактор был выведен на стабильный режим работы непрерывной эксплуатацией в течение 30 сут при малой (до 0,01 $ч^{-1}$) скорости протока сточной воды.

Результаты экспериментов и их обсуждение. Как показали результаты экспериментов, анаэробная обработка сточных вод производства древесноволокнистых плит в периодическом режиме приводит к снижению уровня загрязненности стока по ХПК на 75–90% (табл. 1).

На первый взгляд такая высокая степень деструкции загрязнений биоценозом анаэробных микроорганизмов маловероятна в связи с тем, что в сточной воде содержаться в большом количестве тонкодиспергированные частицы древесного материала. Известно [4], что лигнин практически не деструктируется анаэробными бактериями.

Визуальные наблюдения показали, что спонтанно развивающиеся в биореакторе анаэробные бактерии вызывают дестабилизацию устойчивой дисперсной системы и осаждение древесной массы за счет флоккулирующей способности экзополисахаридов бактериальных клеток.

Таким образом, высокая степень очистки сточной воды производства древесноволокнистых плит достигается за счет двух одновременно протекающих в биореакторе процессов: деструкции органических соединений микроорганизмами анаэробного ила и флокуляционного осаждения взвешенных частиц древесной массы.

Периодический процесс очистки в основном заканчивается через 170–250 ч. Во всех экспериментах термофильный режим анаэробной обработки сточной воды (50°С) более эффективен, чем мезофильный (30°С).

О преимуществе термофильного процесса анаэробной очистки сточной воды свидетельствуют также результаты определениия содержания сухих веществ в биологически очищенной воде (рис. 1), а также данные по изменению цветности производственного стока в процессе очистки (рис. 2). Этот факт является значимым в связи с тем, что температура сточной воды производства древесноволокнистых плит составляет 50–55°С. Исходя из полученных экспериментальных результатов производственные сточные воды целесообразно подвергать очистке в анаэробных условиях без охлаждения, что обеспечивает повышение степени очистки.

Данные по эффективности функционирова-ния анаэробного биореактора непрерывного действия (табл. 2) подтверждают результаты исследований, полученные при использовании непроточных биореакторов.

Таблица 1

Эффективность очистки сточной воды в непроточных анаэробных биореакторах

Продолжительность обработки, ч	pH		ХПК биологически очищенной воды, мг/л		Эффективность очистки, %	
	При температуре процесса					
	30°С	50°С	30°С	50°С	30°С	50°С
Эксперимент 1 (загрязненность исходной сточной воды по ХПК 6 200 мг/л)						
13	6,5	6,8	3 500	3 200	43,5	48,4
26	6,4	6,5	2 500	2 100	59,6	66,1
74	6,3	5,9	1 900	1 200	69,4	80,6
122	6,4	5,7	1 500	850	75,8	86,3
170	6,4	5,8	1 150	600	81,5	90,3
Эксперимент 2 (загрязненность исходной сточной воды по ХПК 9 200 мг/л)						
51	6,3	5,9	7 900	6 100	14,1	33,7
99	6,2	5,8	7 400	3 400	19,6	63,0
171	6,1	5,7	4 200	2 900	54,3	68,5
243	6,0	5,5	2 200	2 000	76,1	78,3
Эксперимент 3 (загрязненность исходной сточной воды по ХПК 18 400 мг/л)						
51	6,4	5,8	14 600	9 850	20,7	46,5
99	6,3	5,7	7 450	5 200	59,5	71,7
171	5,9	5,5	3 300	2 700	82,1	85,4
243	5,8	5,2	3 100	2 600	83,2	85,9

Таблица 2

Показатели функционирования проточного биореактора типа анаэробный биофильтр (загрязненность исходной сточной воды 9800 мг/л по ХПК)

Удельная скорость разбавления, $ч^{-1}$	Время пребывания сточной воды в аппарате, ч	Уровень загрязненности биологически очищенной воды по ХПК, мг/л	Степень очистки сточной воды по ХПК, %	Удельная производительность биореактора, кг ХПК/($м^3$ · сут)
0,013	77	2 800	71,4	2,18
0,020	50	3 350	65,8	3,10
0,040	25	6 000	38,8	3,65

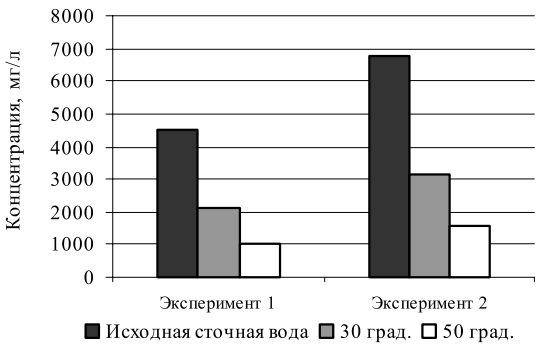

Рис. 1. Динамика изменения содержания сухого остатка при очистке сточной воды

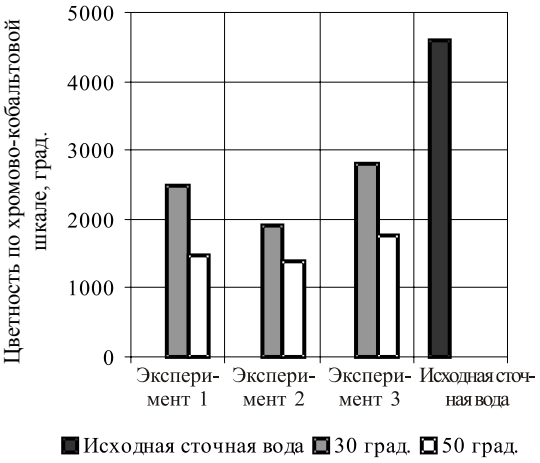

Рис. 2. Изменение цветности очищаемой воды по хромово-кобальтовой шкале

Степень очистки стока по ХПК 70% достигается при времени пребывания сточной воды в аппарате около 70 ч, удельная производительность биореактора составляет 2,2 кг ХПК/($м^3$ · сут).

Следует отметить, что в экспериментах использовали самую простую конструкцию анаэробного биореактора и имеется возможность применения биореакторов с более высокой производительностью.

Заключение. Таким образом, моделирование процесса очистки сточной воды производства древесноволокнистых плит в анаэробных биореакторах показало возможность эффективного использования анаэробного метода для предварительной очистки стока. Установлено, что высокая степень очистки сточной воды достигается за счет деструкции органических соединений микроорганизмами анаэробного ила и флокуляционного осаждения тонкодиспергированных частиц древесной массы экзополисахаридами бактериальных клеток.

Литература

1. Мазурова, Е. Н. Эколого-экономическая эффективность мероприятий по производству ДВП мокрым способом в условиях Сибири / Е. Н. Мазурова, Р. С. Чистов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://science-bsea.narod.ru/2007/leskomp_2007/mazurova_eko.htm. – Дата доступа: 18.11.2008.

2. Химический анализ производственных сточных вод / Ю. Ю. Лурье [и др.]. – М.: Химия, 1974. – 336 с.

3. Емельянова, И. З. Химико-технический контроль гидролизных производств / И. З. Емельянова. – М.: Лесная пром-сть, 1976. – 328 с.

4. Исследование процесса очистки сточных вод иммобилизованной микрофлорой / Н. С. Ручай [и др.] // Вестник БГУ. Сер. 2, Химия, биология, география. – 1996. – № 1. – С. 13–17.