

ции может успешно применять для очистки стоков крахмальных заводов. [12]

Перечисленные выше методы имеют свои недостатки: большое энергопотребление, сложность в эксплуатации, большие капитальные затраты. Нашей кафедрой было проведено исследование стока крахмального производства на базе Бродницкого крахмально-спиртового завода (Ивановский район Брестской области), опробованы различные методы очистки сточных вод – флотация, сорбция, термокоагуляция, очистка на дисковых биофильтрах. В дальнейшем мы планируем продолжить исследования в этом направлении с целью создания экономичных и недорогих устройств для очистки сточных вод данного производства.

Проблема утилизации отходов и очистки сточных вод, образующихся при переработке картофеля, является наиболее актуальной. Многообразие предлагаемых способов свидетельствует о сложности этого процесса. Основная сложность заключается в том, что выделение различных групп веществ, входящих в состав сточных вод, осуществляют различными методами для извлечения взвешенных веществ применяют механические и физические методы: отстаивание, фильтрацию, сепарирование, центрифугирование, флотацию. Коагуляцией достигается значительное уменьшение количества бактерий, взвешенных веществ в стоках, частичное снижение нагрузки их по БПК. Для удаления органических растворимых веществ применяют в основном биологическую очистку (с аэрацией или в анаэробных условиях) с участие микроорганизмов. Для интенсификации биологической очистки все более широкое применение находят биосорбционные процессы. Ведутся исследования по применению для очистки сточных вод пищевых производств методов фильтрации через пористые перегородки - мембраны: ультрафильтрации, обратного осмоса и др. Создание новых прогрессивных технологий и оборудования - основные задачи, которые позволяют снизить загрязнение окружающей среды.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Опыт эксплуатации очистных сооружений на предприятиях пищевой промышленности БССР. Ф.Н. Юшкевич. Пи-

УДК 628.353

Яромский В.Н., Ковальчук В.Л.

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД МОЛОКОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ДИСКОВОМ БИОФИЛЬТРЕ-ОТСТОЙНИКЕ

В последнее время одной из актуальных экологических проблем является проблема перестройки и совершенствования водохозяйственной деятельности всех отраслей промышленности, включая молочную. Это обусловлено, в значительной мере, ростом потребления воды на предприятиях, увеличением числа технологических операций, сложностью технологических процессов, сопровождающихся образованием побочного сырья, что несомненно ведет к увеличению объема и усложнению качественного состава сточных вод.

В связи с этим в настоящее время весьма актуальной является проблема разработки эффективных систем и сооружений по очистке производственных сточных вод предприятий молокоперерабатывающей промышленности.

Специалистами кафедры водоснабжения, водоотведения и теплоснабжения (БГТУ) в 1994 году было разработано комбинированное сооружение - дисковый биофильтр-отстойник (ДБФО) (патент РФ № 2022939).

щевая промышленность: обзорная информация, Минск, 1976.

2. Эффективные способы использования отходов и очистки сточных вод при переработке картофеля и овощей. И.А. Давыденко, Г.Н. Пекур, Т.А. Лапко, А.В. Кашуба. Пищевая промышленность: обзорная информация, Минск, 1990.
3. Справочник проектировщика. Канализация населенных мест и промышленных предприятий. Под ред. В.Н.Самохина. М., 1981.
4. Опыт рационального использования отходов производства и побочных продуктов на пищевых предприятиях. В.К. Супрунчук, Н.П.Роменский и др. Пищевая промышленность: обзорная информация, ЦНИИТЭИпищепром. М., 1988, вып. 8.
5. Цыганков С.П. Биологическая очистка сточных вод предприятий пищевой промышленности. М.: Агрпромпиздат, 1988.
6. Анаэробная очистка сточных вод переработки картофеля. Umwelt magazin, 1988, № 16.
7. Анаэробно-аэробная очистка сточных вод картофелеперерабатывающих предприятий. Пищевая промышленность: экспресс-информ. АгроНИИТЭИПП. М., 1986, вып.5.
8. А.с. 1428713 СССР, МКИ С 02 F 3/34. Способ биологической очистки сточных вод от органических загрязнений.
9. Анаэробный метод обработки сточных вод во взвешенном слое. Суйсуку одаку кэпкю, Jap. J. Water Pollut Pes. 1987, № 11.
10. Установка для очистки сточных вод/ По материалам фирмы "Calvatek". Пищевая промышленность:Экспресс-информ. ЦНИИТЭИПП, М., 1986, вып. 4.
11. Применение пористых мембран для определения биомассы в процессах биологической очистки сточных вод. Process biochem, 1986.
12. Авдонин Д.Н. и др. Мембранные аппараты для очистки сточных вод. Повышение эффективности и надежности машин и аппаратов в основной химии: Тез. Докл. Всесоюз. Совещ. Сумы, 1986.

Данное сооружение предназначено для аэробной биологической очистки сточных вод, содержащих в своем составе органические загрязнения.

ДБФО (рис.1) состоит из двух основных частей: верхней, представленной погружным дисковым биофильтром, и нижней, представленной вертикальным отстойником, что позволяет в одном сооружении совмещать процессы биохимической очистки сточной жидкости фиксированным на поверхности вращающихся дисков биоценозом и отстаивания оторгнутой биопленки.

Дисковый биофильтр-отстойник работает следующим образом. Сточная вода по подводному трубопроводу 2 поступает в распределительный лоток 3, откуда перетекает в камеру биохимического окисления, отделенную от камеры отстаивания погружной перегородкой 4 и содержащую вращающиеся дисковые биофильтры 5. Вращение дисковых биофильтров, смонтированных на валах 6, осуществляется следующим

Ковальчук Вячеслав Леонтьевич. Ассистент каф. водоснабжения, водоотведения и теплотехники БГТУ.

Брестский государственный технический университет (БГТУ). Беларусь, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика, экология

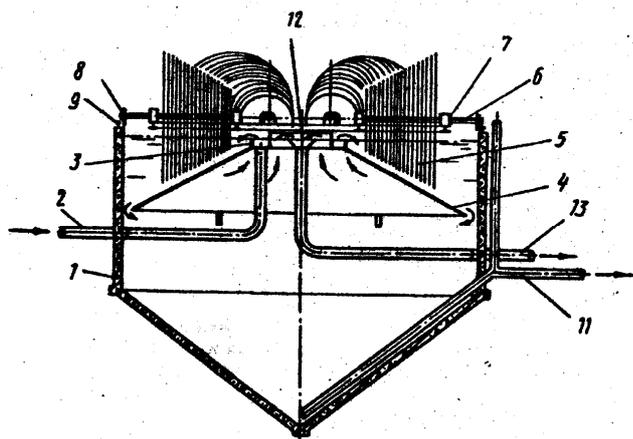


Рисунок 1 - Дисковый биофильтр-отстойник (разрез)

1 - корпус вертикального отстойника; 2 - подводящий трубопровод; 3 - распределительный лоток; 4 - погружная перегородка; 5 - перфорированные диски (биофильтры); 6 - вал; 7 - рама; 8 - ролик; 9 - монорельс; 10 - ведущий ролик; 11 - трубопровод отвода био пленки; 12 - сборный лоток; 13 - трубопровод очищенной воды.

образом: электродвигатель с редуктором и ведущим роликом 10, опираясь на монорельс 9, расположенный по периметру корпуса вертикального отстойника 1, приводит во вращение в горизонтальной плоскости раму 7. При этом ролики 8, опирающиеся на монорельс 9, начинают вращаться, приводя в движение валы 6 дисковых биофильтров 5. Дисковые биофильтры 5 вращаются в вертикальной плоскости. Процесс биохимической очистки сточных вод в зоне биохимического окисления идет за счет фиксированного на поверхности дисков биоценоза, который попеременно контактирует со сточной жидкостью и кислородом воздуха. За счет этого и создаются благоприятные условия для процесса биохимической очистки. Отработавшая в камере биохимического окисления сточная жидкость вместе с отторгнутой биопленкой проходит между перегородкой 4 и корпусом вертикального отстойника 1 и попадает в камеру отстаивания, где происходит осаждение отторгнутой биопленки. Осветленная вода через сборный лоток 12 и отводящий трубопровод 13 отводится из сооружения, а выпавшая в результате отстаивания биопленка отво-



Рисунок 2 - Монтаж ДБФО

дится по трубопроводу 11.

По патенту № 2022939 ДБФО был разработан рабочий проект локальных очистных сооружений (ЛОС) для ОАО "Пружанский молочный комбинат", где стадия биологической очистки сточных вод данного предприятия представлено четырьмя ДБФО диаметром 6 метров. Исходя из качественного состава сточных вод предприятий молокоперерабатывающей отрасли [1-3], нами в проекте ЛОС была предусмотрена схема расположения дисковых биофильтров-отстойников таким образом, чтобы можно было осуществлять очистку по двух- и трехступенчатой схемах. Причем при осуществлении либо двух- либо трехступенчатой схем очистки, на первой ступени происходит разделение общего расхода на две равные части. Делением расхода на две части мы добиваемся, увеличения времени контакта сточных вод с биопленкой на первой ступени биологической очистки, т.е. в тот момент, когда поступающая на очистку сточная жидкость содержит максимальное количество органических веществ. Увеличивая время контакта сточной жидкости с закрепленным на поверхности дисков биоценозом, мы уменьшаем гидравлическую и органическую нагрузку на 1 м² площади загрузочного материала и избегаем тем самым необходимости разбавления сточных вод для снижения в них начальной концентрации загрязнений.

После сдачи и ввода в эксплуатацию на ЛОС ОАО "Пружанский молочный комбинат" двух дисковых биофильтров-

Таблица 1 - Результаты производственно-лабораторных анализов при времени контакта сточных вод с биопленкой $T=25-30$ минут и расходе $Q=18,0$ м³/час

№	Концентрация загрязнений по БПК ₅ , мл/л		Эффект очистки, %	Концентрация загрязнений по ХПК, мл/л		Эффект очистки, %	рН		Температура, °С	
	до биологической очистки	после биологической очистки		до биологической очистки	после биологической очистки		до очистки	после очистки	до очистки	после очистки
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1.	2150	1500	31	2000	800	60	7,1	7,0	28,5	24,3
2.	1650	400	75	2150	1150	47	7,0	7,0	29,3	24,7
3.	2050	1220	45	2700	1350	50	6,3	6,1	29,4	24,3
4.	2800	1980	29	4400	1200	50	6,0	6,3	29,2	24,6
5.	2140	1630	24	2000	1300	35	5,8	6,5	29,3	24,3
6.	1980	970	51	1800	1000	44	6,4	6,5	29,2	24,3
7.	2300	1480	36	3400	1800	47	6,5	6,2	28,4	25,2
8.	2715	1700	37	3050	1800	41	7,3	6,6	28,7	24,7
	среднее значение		41,0	среднее значение		46,8				

Таблица 2 - Результаты производственно-лабораторных анализов при времени контакта сточных вод с био пленкой $T=35-40$ минут и расходе $Q=11,0 \text{ м}^3/\text{час}$

№	Концентрация загрязнений по БПК ₅ , мл/л		Эффект очистки, %	Концентрация загрязнений по ХПК, мл/л		Эффект очистки, %	рН		Температура, °С	
	до биологической очистки	после биологической очистки		до биологической очистки	после биологической очистки		до очистки	после очистки	до очистки	после очистки
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1.	2445	860	63	2600	1600	38	6,7	6,0	29,2	24,1
2.	1055	770	26	2300	1100	52	6,2	6,0	29,5	24,3
3.	990	590	40	1980	1050	47	7,1	6,9	29,4	24,3

продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
4.	1925	850	55	2000	1100	45	6,2	6,4	29,7	24,4
5.	2180	980	55	2990	1305	56	5,8	6,3	29,0	25,3
6.	1500	805	46	2200	1050	52	5,7	6,3	29,1	25,3
7.	1790	870	51	2700	1280	53	7,4	7,0	29,0	25,1

среднее значение

50,0

среднее значение

50,0

отстойников (рис.2) нами было проведено определение эффективности биологической очистки сточных вод на первой ступени.

Погружной дисковый биофильтр-отстойник состоит из шести горизонтально вращающихся валов с закрепленными на них перфорированными дисками. Диаметр дисков меняется от 0,7 до 2,0 метров. Общая площадь поверхности для развития закрепленного биоценоза для одного дискового биофильтра составляет 1240 м².

Данные производственно-лабораторных анализов представлены в таблицах 1, 2.

Как видно из результатов анализов, уже на первой стадии биологической очистки мы добиваемся стабильного эффекта очистки по БПК₅ и ХПК на 40-50%; реакция среды рН как до очистки, так и после нее остается практически неизменной и колеблется в пределах 6,0-7,0. Толщина биопленки на поверхности дисков составляла от 3 до 4 мм, цвет биопленки - серо-зеленый. Лабораторный анализ биоценоза показал присутствие в ней одноклеточных микроорганизмов и простейших, содержание ферментов, микро- и макроэлементов и наличие волоконистой структуры.

Снижение органических загрязнений в высококонцентрированных сточных водах на первой ступени на 50% бесспорно является хорошим показателем, однако о целесообразности применения двух- и трехступенчатых схем очистки говорит и тот факт, что в процессе культивирования биоценоза в сточной жидкости накапливаются продукты обмена сообщества микроорганизмов, которое находится в реакторе первой ступени. Для изъятия этого субстрата требуется другое сообщество микроорганизмов как по видовому составу, так и по физиологической активности. Об этом свидетельствуют и данные таблиц 1,2, показывающие, что при увеличении времени контакта на 40% эффект очистки увеличивается всего на 5-10%, то есть первая ступень очистки себя исчерпала. Дальнейшее увеличение времени контакта сточных вод с биопленкой приведет к экономически нецелесообразному увеличению числа и габаритов сооружений.

Эффективность работы ДБФО, проверенная на стадии промышленных испытаний, позволяет получить следующие

технологические характеристики его работы для первой ступени:

- гидравлическая нагрузка $0,3 \text{ м}^3/\text{сут} \cdot \text{м}^2$
- органическая нагрузка $666 \text{ гБПК}_5/\text{м}^2 \cdot \text{сут}$
- окислительная мощность $250 \text{ г}/\text{сут} \cdot \text{м}^2$

Как видно из вышеприведенных данных значение величины окислительной мощности достаточно велико, что на наш взгляд можно объяснить одной из особенностей протекания процесса очистки сточных вод в ДБФО, которой является то, что в процессе окисления органических веществ принимает участие не только закрепленная на поверхности дисков биопленка, но и свободноплавающая, то есть та ее часть, которая оторвалась от дисков, но благодаря постоянному движению (перемешиванию) жидкости какое-то время находится во взвешенном состоянии.

Так как скорость и эффект очистки сточных вод на 2-й и 3-й аэробных ступенях во многом зависят от того, насколько глубоко очищена вода на первой ступени [1], то на основании приведенных выше данных можно предположить, что применение ДБФО-ов по двух- и трехступенчатым схемам очистки позволит снизить концентрации загрязняющих веществ по БПК₅ на 90-95%, а в случае применения доочистки осуществлять выпуск очищенных сточных вод - в поверхностный водоем.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. С.М. Шифрин, Г.В. Иванов, В.Г. Мишуков, Ю.А. Феофанов. Очистка сточных вод предприятий молочной и мясной промышленности М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981
2. Очистка сточных вод предприятий молочной промышленности в зарубежных странах. Обзорная информация. Серия цельномолочная промышленность. - М.: ЦНИИТЭИ мясомолпром, 1988
3. Я.А. Карелин, В.Н. Яромский, Т.М. Лысенкова, Г.А. Волкова. Очистка сточных вод предприятий молочной промышленности. /Водоснабжение и санитарная техника. 1993 №6.