

РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНОГО СПОСОБА ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ДРОЖЖЕВЫХ И ХЛЕБОПЕКАРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Эффективность использования природных ресурсов и степень деградации окружающей среды являются одними из главных проблем общества в третьем тысячелетии. В настоящее время как в нашей стране, так и в большинстве стран мира считается общепризнанным, что проблема рационального использования природных ресурсов и предотвращение загрязнения окружающей среды, а, следовательно, и проблема устойчивого развития современной цивилизации, обеспечивающей удовлетворение потребностей общества, но ставящей под угрозу будущие поколения, может быть решена на основе новых подходов к организации и функционированию промышленных производств и экономической системы в целом.

В природных экосистемах образование и разложение различных веществ сбалансировано – в них нет отходов: отходы одних организмов служат средой обитания других, и таким образом осуществляется практически замкнутый кругооборот веществ в природе. При этом около 90% энергии расходуется на разложение и возвращение веществ в биогеохимический кругооборот.

Технологические процессы производства различных целевых продуктов нельзя признать оптимальными ни с точки зрения используемых технологий, ни с точки зрения совершенствования техники, и они сопровождаются значительным потреблением природных ресурсов и связаны с разнообразными газо-воздушными выбросами, сбросами жидких и твердых компонентов в окружающую среду. Антропогенная деятельность характеризуется значительными масштабами изменений естественного состояния ландшафтов, атмосферы и поверхности океана, производством все большего числа новых веществ и сбросами их в окружающую среду, увеличением количества твердых, жидких и газообразных отходов тепловыми выбросами и другими процессами и явлениями. Совокупность всех действующих факторов на окружающую среду ведет к формированию новой экологической ситуации, требующей всестороннего изучения и активных действий по предотвращению возможных отрицательных изменений.

Для пищевой промышленности, перерабатывающей разнообразное многокомпонентное сельскохозяйственное сырье растительного и животного происхождения, проблема комплексного использования сырья особенно важна, так как при его переработке и получении готовой продукции оно целенаправленно используется только на 15-30%, а остальная часть переходит в отходы, которые в большинстве случаев можно рассматривать как вторичные сырьевые ресурсы. Рациональное использование именно этой части технологических процессов и составляет главную задачу комплексного использования сырья и создание малоотходных и ресурсосберегающих технологий.

Одной из важнейших существующих проблем современности, связанных с охраной природных ресурсов, является загрязнение водных источников сточными производственными водами. Основными мерами по предотвращению загрязнений водоемов служат мероприятия по обезвреживанию сточных вод перед их сбросом в окружающую среду. Одной из отраслей пищевой промышленности, сточные воды которой представляют серьезную опасность загрязнения окружающей среды, является дрожжевая и хлебопекарная промышленность. В настоящее время общая мощность дрожжевых заводов в РФ составляет 165 тыс. тонн дрожжей в год, а хлебопекарной – 149 млн. тонн в год. Удельный расход сточных вод на одну тонну вырабатываемых дрожжей составляет от 116 до 184 м³, хлеба – от 1,5 до 2,3 м³. В целом по отрасли количество сточных вод составляет около 55 млн. м³ в год. Концентрация органических загрязнений в сточных водах, характеризуемая величиной биологической потребности в кислороде, колеблется на заводах от 2000 мг/л до 10000 мг/л, а количество загрязнений, вносимых сточными водами одним дрожжевым заводом, эквивалентно городским сточным водам, образующимся от населенного пункта с количеством жителей порядка 300 тыс. человек.

Сброс высококонцентрированных сточных вод дрожжевых заводов на общегородские очистные сооружения, прежде всего в небольших городах, вызывает существенное нарушение в работе последних. В связи с этим возникает необходимость в строительстве локальных очистных сооружений, как на данных заводах, так и при реконструкции крупных действующих предприятий, а также на широком круге предприятий мелких форм, появившихся за последние 10...15 лет.

Приведенные выше факты показывают, что проблема сброса сточных вод дрожжевых и хлебопекарных заводов на общегородские очистные сооружения связана со значительными затратами на их расширение и техническими трудностями по перестройке очистных сооружений.

В Оренбургском государственном университете на кафедре «Пищевая биотехнология» был изучен химический и фазово-дисперсный состав последрождевой барды, являющейся основным отходом дрожжевых производств. При проведении исследования последрождевая культуральная среда многократно отбиралась после сепарации дрожжей на Уфимском и Оренбургском дрожжевых заводах. Выбор методов анализа проводился по принципу доступности, надежности и распространенности. В таблице 1 приведен химический состав барды, полученный нами в сравнении с данными других исследователей.

Анализ представленных данных свидетельствует о значительном разбросе результатов, полученных разными исследователями. Так, содержание сухого остатка колеблется в диапазоне 12,12-28,10 г/л, т. е. отличается более чем в 2 раза. Это может быть связано с использованием различных технологий, особенностей сырья при производстве дрожжей.

Существует ряд методов и способов очистки жидких отходов, такие как, механические, парациркуляционные, химические, адсорбционные, биологический, физико-химический и т. д. Для обеззараживания воды от болезнетворных бактерий применяют хлорирование, обработку гамма- лучами и коротковолновыми ультрафиолетовыми лучами. Существующие методы и способы утилизации и переработки жидких отходов не позволяют довести выбросы предприятий до экологически рекомендованных норм. Все реагенты, применяемые во всех этих способах, не являются для окружающей среды безопасными, они в той или иной степени воздействуют на нее. На данном этапе развития науки и техники самыми прогрессивными методами переработки и утилизации отходов являются безреагентные, то есть без применения химических коагулянтов, полученных различными способами.

Известно [1], что помещенные в электрическое поле частицы материала способны поляризо-

ваться и имеют отличную от среды диэлектрическую проницаемость, что искажает это поле и создает так называемые «локальные микрополя», напряженности которых больше, чем напряженность макроскопического внешнего поля:

$$E_1 = E + \frac{P}{3\epsilon_0}, \tag{1}$$

$$\int_k^a EdS = U \tag{2}$$

- где, E_1 – напряженность локального микрополя;
- E – напряженность внешнего электрического поля;
- P – поляризуемость частицы;
- ϵ_0 – диэлектрическая проницаемость;
- S – расстояние между электродами (катодом К и анодом А);
- U – напряжение на электродах.

Таким образом, на поверхности диэлектрического материала, на который наложено внешнее электрическое поле постоянного тока, возникает очень сложное неоднородное электрическое поле. В отличие от известного использования на основе разработок различных авторов «классического» равномерного неоднородного электрического поля, создаваемого системами электродов «точечный заряд – сфера» или «цилиндр – струна», такое поле резко неравномерно неоднородное, с многочисленными градиентами потенциала, и в нем проявляются электро-, диэлектро- и диполофоретические силы, поляризационные, электростатические и другие взаимодействия.

Электрофорез и электростатическое взаимодействие служат основной причиной прикрепления частиц к поверхности поляризуемого материала, образования цепочечных агрегатов, а диполофорез способствует концентрированию клеток частиц в местах контакта поляризуемого материала между собой.

На движущуюся вместе с суспензией отрицательно заряженную частицу в сложном неоднородном электрическом поле действует электрофоретическая сила (F_e), направленная в сторону анода по касательной к силовым линиям поля, и определяемая по уравнению:

$$F_e = qE = \xi \cdot \epsilon \cdot r \cdot E, \tag{3}$$

частица, имеющая значительный дипольный момент, подвергается действию диэлектрфоретической силы (F_g), направленной в зону большей напряженности поля и определяемую по соотношению (4):

$$F_g = \frac{1}{2} \epsilon_1 \frac{x_1 - x_2}{x_2 + 2x_1} r^3 \nabla E_1^2 \tag{4}$$

Таблица 1. Химический состав дрожжевой барды

Показатели	По Е.А. Плевако	По В.И. Лоренцу	По В.А. Федорову	Уфимский дрожжевой завод	Оренбургский дрожжевой завод
Взвешенные в-ва, мг/л	-	135,6	56,0-115,0	76,7	61,3
Сухой остаток, г/л	12,12	-	14,50	28,10	15,30
Зольность, г/л	-	-	-	4,2	3,1
Актив. кислот., град	4,5	4,6-5,0	5,2	6,0	5,2
ХПК	-	6500	11650	12450	1050
БПК ₅	10000	2400	6400	8500	7600
Хлориды, мг/л	517	15-40	823	615	453
Сульфаты, мг/л	1810	1900	1497	1850	1254
Общий азот, мг/л	36,0	-	89,6	95,0	78,0
Сахара, г/л	-	-	-	27,0	25,5
Несобр. сахара, г/л	-	-	-	0,80	0,28
Фосфаты, мг/л	24,8	19,0-92,0	30,0	32,0	13,0
Железо, мг/л	5,0	45,0	17,5	-	-
Кальций, мг/л	47,8	-	82,5	-	-
Медь, мг/л	-	-	-	25	26

кроме того, на частицу действует сила потока жидкости (F_c), определяемая по закону Стокса:

$$F_c = 6\pi\eta r\sigma, \quad (5)$$

где, q – заряд клетки;

ξ – дзета-потенциал;

ϵ, ϵ_1 – диэлектрическая постоянная частицы и среды;

x_1, x_2 – проводимость частицы и среды;

r – радиус частицы;

∇E_1 – градиент напряженности неоднородного локального микрополя;

η_1 – вязкость жидкости;

σ – скорость протока жидкости.

Результирующая этих сил затягивает частицу в зону максимальной напряженности локального микрополя – к месту соприкосновения поляризуемого материала между собой (если $F_g > F_e + F_c$), либо доставит к положительно заряженной стороне поляризованной поверхности материала (если $F_e > F_g + F_c$), либо унесет потоком жидкости (если $F_c > F_e + F_g$). В этом последнем случае не происходит освобождения воды от посторонних примесей. Следовательно, для успешного отделения частиц необходимо соблюдать условие (6, 7, 8):

$$F_c < F_e + F_g \quad (6)$$

$$6\pi \cdot r \cdot \eta_1 \cdot \sigma < \xi \cdot \epsilon \cdot r \cdot E + \frac{1}{2} \epsilon_1 \frac{x_1 - x}{x - 2x_1} r \cdot \nabla E_1^2 \quad (7)$$

$$\sigma < \frac{1}{6\pi \cdot \eta_1} \left(\epsilon \cdot \xi \cdot E + \frac{1}{2} \epsilon_1 \frac{x_1 - x}{x + 2x_1} r \cdot \nabla E_1^2 \right) \quad (8)$$

Из приведенной формулы (8) следует, что чем больше вязкость жидкости, тем труднее отделить от нее частицы; для обеспечения сохранения качества фильтруемой жидкости, увеличения скорости протока (производительность установки) необходимо увеличение общей напряженности внешнего электрического поля. Снижение дзета-потенциала частицы уменьшает эффективность процесса фильтрации. Удерживание зависит также от размера отделяемых частиц, электропроводности среды и частицы, диэлектрической постоянной среды и градиента напряженности неоднородного электрического поля, который предопределяется, в свою очередь, природой (в частности, поляризуемостью, диэлектрической проницаемостью и т. д.), а также размерами и формой поляризуемого материала. В связи с этим, представляется вполне реальным использовать явление электроудерживания для очистки сточных вод дрожжевых и хлебопекарных предприятий, так как данные виды отходов содержат, в основном, коллоидные частицы различной природы, микроорганизмы, красящие и другие органические вещества, которые способны адсор-

бироваться на поляризованном диэлектрическом материале в электрическом поле.

Нами были проведены экспериментальные исследования процесса электроудерживания загрязняющих веществ при помощи диэлектрика, помещенного в электрическое поле, и последующей обработкой концентрата кавитационным воздействием.

Для изучения данного эффекта использовалась барда, полученная после сепарации дрожжей на Оренбургском и Уфимском дрожжевых заводах.

Для проведения исследований была разработана и изготовлена экспериментальная установка, схема которой изображена на рисунке 1.

Устройство для очистки сточных вод включает крышку 1, корпус 2 выполненный из диэлектрического материала, две электродные камеры 3, одну рабочую камеру 4, два электрода: анод 5 и катод 6, две мембраны, выполненные из целлофана 7, входные 8 и выходные патрубки 9 для подвода и отвода сточных вод, входные 10 и выходные 11 патрубки для подвода и отвода электролита, барботер 12, фильтрующий материал 13, два излучателя кавитационного поля 14.

Устройство для очистки сточных вод работает следующим образом. Перед началом работы установки для очистки сточных вод электродные камеры 3 заполняют электролитом через входные патрубки 10. Затем сточные воды направляют в рабочую камеру 4 через входной патрубков 8. После заполнения рабочей камеры 4 на электроды 5,6 подается электрический ток, под воздействием которого происходит поляризация фильтрующего материала 13, вследствие чего на несколько порядков повышается его адсорбционная емкость. Под

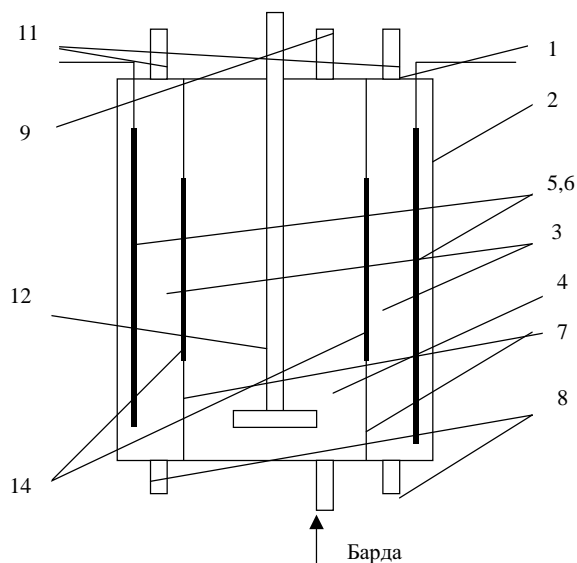


Рисунок 1. Устройство для очистки сточных вод

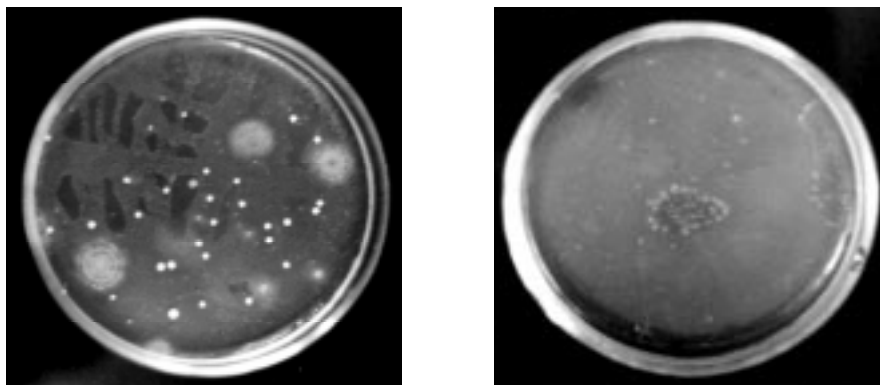


Рисунок 2. а - до обработки; б - после обработки

воздействием электрического поля происходит имобилизация коллоидных и биологических систем и адсорбция их на фильтрующем материале 13, таким образом, обеспечивается глубокая очистка сточных вод, содержащих большое количество органических веществ. Очищенная сточная вода направляется в патрубок 9 для отвода и дальнейшего использования очищенной воды. При длительной работе установки в фильтрующем материале 13 удерживается настолько большое количество клеток, что они превращаются в пастообразную массу, забивая каналы и поры, а гидравлическое сопротивление системы возрастает до такой степени, что препятствует протеканию суспензии. При отключении подачи электрического тока на электроды 5,6 микробные клетки освобождаются и потоком воды вымываются в виде густой массы через патрубок 9. Имобилизованные клетки не могут самостоятельно преодолеть естественные преграды фильтрующего материала 13, поэтому для разрушения этих комплексов производится обработка их кавитационным полем. В момент включения источников кавитационного поля 14 исходящие ультразвуковые волны, проходящие через загрязняющие вещества, задержанные на фильтрующем материале 13, под действием сил поверхностного натяжения создают разрывы, принимающие форму пузырьков. В момент захлопывания кавитационного пузырька возникает мощная гидравлическая ударная волна, которая оказывает разрушительное действие на органические соединения и микроорганизмы. Под действием кавитации происходит разрыв оболочки микробной клетки и разрушение ее структуры, а также полная гибель палочковидных бактерий. Для усиления процесса разрушения комплексов в рабочую камеру поме-

щен барботер 12, через который подается сжатый воздух. Барботер 12 включается в момент выключения электродов 5,6 и включения источников кавитационного поля 14. После завершения процесса регенерации фильтрующего материала 13 источники кавитационного поля 14 отключаются, в барботер 12 прекращается подача воздуха, на электроды 5,6 подается электрический ток, и процесс очистки сточных вод снова повторяется.

Использование данного устройства для очистки сточных вод по сравнению с известным аналогом ведет к более полной регенерации фильтрующего материала после его использования, а также к апиrogenности задерживающихся загрязняющих веществ фильтрующим материалом. Для установления эффективности разрабатываемого способа и устройства были проведены микробиологические исследования [2]. Анализу подвергалась барда и полученная после обработки очищенная вода. Для этого была подготовлена питательная среда, состоящая из 1% сахарозы и 2% агара. Затем в чашку Петри с плотной питательной средой вносили стерильной пипеткой 1мл исследуемой жидкости и помещали в ультротермостат для инкубации при температуре 28 °С на трое суток. После этого производили визуальный осмотр и подсчет числа колоний. Результаты микробиологического анализа до и после очистки дрожжевой барды представлены на рисунке 2.

Как видно из полученных данных разработанный нами способ и режимы обработки сточных вод приводят практически к полной их очистке без применения каких-либо химических реагентов. Данный способ позволяет решить проблему очистки и утилизации жидких отходов, содержащих большое количество органических веществ.

Список использованной литературы:

1. Ротмистров М.Н., Гвоздяк П.И. Микробиология очистки воды.– Киев: «Наукова Думка»,1978.– 268 с.
2. Щеглова М.К. Руководство для большого практикума по микробиологии.– Саратов: Издательство Саратовского университета, 1981.– 100 с.