

УДК 628.349.087

Разработка электрофлотационного аппарата для очистки сточных вод микробиологического и лакокрасочного производств

***Бондаренко А.В., аспирант**
кафедра «Экология и промышленная безопасность»
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана*

***Васильева, Я.С., студент**
кафедра «Экология и промышленная безопасность»
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана*

*Научные руководители: Ксенофонов Б.С., д.т.н., профессор
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана
Капитонова С.Н., к.т.н., доцент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана
e9@mx.bmstu.ru*

1. Введение

В наше время остро стоит вопрос о защите окружающей среды от различных загрязнений и о рациональном использовании природных ресурсов. Возрастающая потребность промышленных предприятий в воде для технических нужд, создает предпосылки к необходимости повторного и оборотного водоснабжения. Эта задача решается комплексно с возведением локальных сооружений по очистке промышленных сточных вод. Но существуют трудноочищаемые стоки, такие как сточные воды лакокрасочного производства, которые трудно очищаются даже до параметров технической воды. Количество сточных вод производства лакокрасочных материалов, виды и концентрация загрязняющих воду веществ колеблются в широких пределах и зависят от изготавливаемого продукта и метода его получения. Состав загрязняющих веществ многокомпонентный. Отходы производства, предоставленные для анализа, представляют собой остатки сырья, материалов или полуфабрикатов, образовавшихся при изготовлении продукции, а также продукты физико-химической или механической переработки сырья. Взвешенные вещества представляют собой высокодисперсную часть пигментов с размерами частиц 1–15 мкм. Ориентировочная скорость их осаждения не более 0,05–0,2 мм/с. Для интенсификации процесса осаждения взвешенных веществ в сточных водах лакокрасочного производства в ряде случаев целесообразно использовать электрофлотационную обработку [2].

2. Основы процесса электрофлотации

Электрофлотационная обработка является одной из наиболее эффективных при очистке воды от нефтепродуктов, тонкодисперсных частиц, растворенных органических соединений. Наиболее высокая степень очистки сточных вод достигается в электрофлотационных аппаратах, имеющих наряду с флотационной камерой камеру электрокоагуляции. В этом случае сточные воды предварительно подвергаются воздействию, как электрического поля, так и образующихся при осуществлении процесса электрокоагуляции оксидов металлов, являющихся продуктами растворения анодных электродных пластин. При растворении анода, изготовленного из дюралюминия, образуется гидроокись алюминия в виде хлопьев, сорбирующих частички загрязнения и одновременно слипающихся с пузырьками водорода и кислорода.

В камере электрофлотации процесс очистки основан на всплытии частиц дисперсной фазы за счет пузырьков газов: водорода и кислорода. При создании определенных условий в очищаемой воде выделяется большое количество мельчайших пузырьков газа, которые при всплытии сталкиваются с частицами загрязнений и за счет действия молекулярных и электростатических сил, способствующих слипанию частиц загрязнений с газовыми пузырьками, поднимаются на поверхность.

3. Постановка задачи

Разработать электрофлотационный аппарат с камерой электрокоагуляции для очистки стоков с высокоустойчивыми загрязнениями, найти оптимальное время пребывания очищаемой воды в камерах.

4. Проведение эксперимента

Для проведения вышеописанного механизма очистки сточных вод была создана лабораторная установка, состоящая из двух камер: камеры электрокоагуляции (ЭК) и камеры электрофлотации (ЭФ). Принципиальная схема камеры электрообработки жидкости представлена на рис. 1.

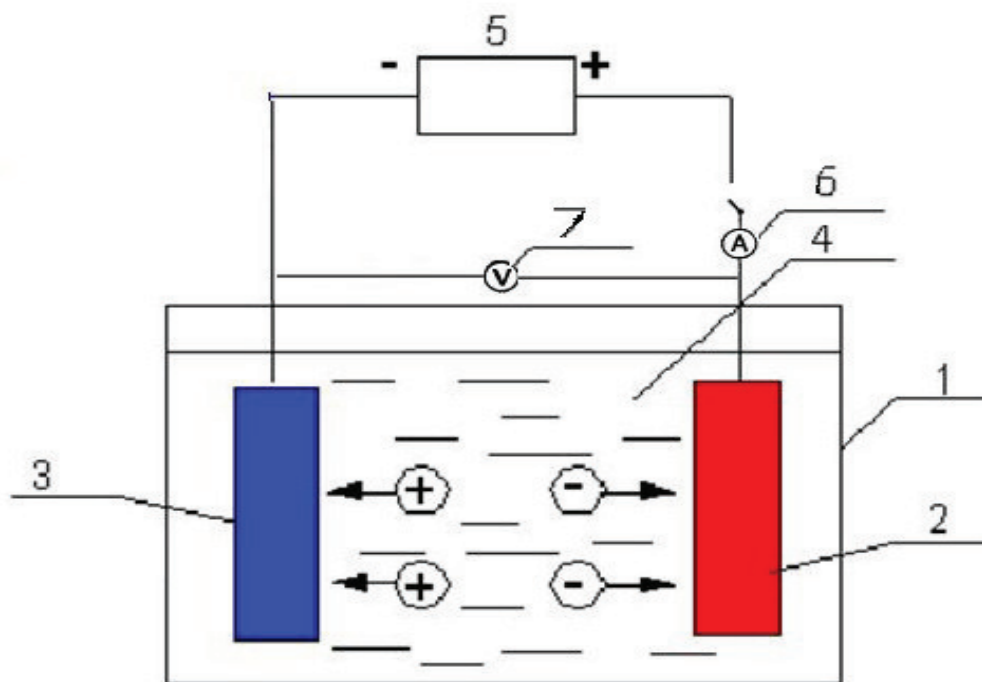


Рис.1. Схема камеры для электрообработки жидкости с вертикальным расположением электродов.

1 – корпус; 2 – анод; 3 – катод; 4 – межэлектродное пространство; 5 – источник постоянного тока; 6 – амперметр; 7 – вольтметр (для электрокоагуляции: материал электродов - дюралюминий; для электрофлотации: анод–графит; катод – сталь.)

Камера для электрообработки жидкости с вертикальным расположением электродов (рис. 1) состоит из корпуса и электродов, пространство между которыми заполнено очищаемой жидкостью. Также для очистки сточных вод электрофлотацией и электрокоагуляцией используются камеры с горизонтальным расположением электродов. При подключении электродов к источнику питания происходит выделение газов на электродах (на аноде – кислород, на катоде - водород). В результате прилипания взвешенных и коллоидных частиц к пузырькам газа H_2 и O_2 , происходит формирование флотокомплекса (частичка загрязнения и пузырек газа) и транспортирование его на поверхность – в пенный слой.

Для более глубокого изучения процесса электрофлотации также проводились опыты по осветлению иловой жидкости (ИЖ) на лабораторной установки с горизонтальным расположением электродов (рис. 2а, 2б).



Рис. 2а. Камера ЭК с исходной ИЖ.



Рис. 2б. Камера ЭК после осветления

На рис. 2а, 2б представлена камера электрокоагуляции (ЭК) для разделения воды и активного ила (2а - исходная ИЖ до электрокоагуляции, 2б – результат после проведения электрокоагуляции.)

Поскольку в данной лабораторной установке используются электроды из дюралюминия, то наряду с осветлением жидкости происходит растворение анода с образованием гидроокиси алюминия, которая сорбирует частицы загрязнения с образованием хлопьев.

Лабораторная камера электрофлотации (рис. 3а, 3б) состоит из корпуса с установленными в камере электродами: анод из графита, катод из стали. Камеру электрофлотации заполняем исходной иловой жидкостью и осветленной жидкостью (1:1) с наработанной гидроокисью после камеры электрокоагуляции. При пропускании постоянного электрического тока через очищаемую жидкость происходит выделение газов на электродах, и пузырьки водорода и кислорода слипаются с образующимися хлопьями, флотокомплексы хлопья-пузырьки газов поднимаются вверх и образуют пенный слой. Пена, получаемая при электрофлотации с предварительной электрокоагуляцией имеет высокую стойкость к разрушению.



Рис. 3а. Камера ЭФ с исходной ИЖ



Рис. 3б. Камера ЭФ с после осветления ИЖ

В результате проведенные испытания электрофлотационной обработки биомассы показали, что наивысшая эффективность обеспечивается в течение 10-12 минут [1].

Аналогично осветлению иловой жидкости, были проведены лабораторные исследования по электрофлотационной обработке с предварительной электрокоагуляцией сточных вод лакокрасочного производства (ЛКП).



Рис. 4. Камера ЭК для очистки сточных вод ЛКП

На рис. 4 представлена камера электрокоагуляции для очистки сточных вод лакокрасочного производства с вертикально установленным пакетом дюралюминевых электродов с биполярным включением. Под действием электрического тока наблюдается интенсивное растворение анода и обогащение воды гидроксидом алюминия. В результате осуществляется процесс коагуляции, аналогичный обработке воды соответствующими солями алюминия, только в более чистом виде, без примесей.



Рис. 5а. Камера ЭФ до очистки стоков ЛКП



Рис. 5б. Камера ЭФ после очистки стоков ЛКП

Далее наработанную гидроокись помещаем в электрофлотационную камеру (рис. 5а), где происходит ее смешение с неочищенными исходными стоками, налипание частичек загрязнения на хлопья гидроокиси и слияние образованных хлопьев под действием молекулярных сил с пузырьками тонкодиспергированных в воде газов и их подъем на поверхность с образованием пенного слоя.

Результаты испытаний электрофлотационной обработки с предварительной электрокоагуляцией части жидкости, проведенные на сточных водах лакокрасочного производства, представлены в табл. 1 – 2.

Из таблицы 1 видно, что наивысшая эффективность очистки воды электрокоагуляцией достигается в течении 15 минут, но этого времени не достаточно для образования необходимой в камере электрофлотации гидроокиси, поэтому время целесообразно увеличить до 20 мин.

Таблица 1

Результаты испытаний камеры ЭК.

№	Ток, А	рН _{вх}	рН _{вых}	NTU, вх	NTU, вых	t, мин	U, В	Эф-ть, %
1	6,4	7	8	2719	33	15	14,8	98
2	6,9	5	7,5	1990	1079	20	14,5	46
3	6,13	5	8	2318	1020	20	15,3	78
4	6,89	5	7,8	2606	1320	20	14	50

Таблица 2

Результаты испытаний камеры ЭФ.

№	Ток, А	рН _{вх}	рН _{вых}	NTU, Вх	NTU, вых	t, мин	U, В	Эф-ть, %
1	1,5	5	6	1408	41	40	14,8	97
2	1,1	5	6	1270	27,6	40	15,5	98
3	1,9	5	5	1230	53	40	15,3	96
4	2	7	6,5	1240	66	30	14	95

Оптимальное время электрофлотации, при которой достигается наивысшее значение эффективности очистки сточных вод лакокрасочного производства составляет 40 минут (таблица 2). На рис. 6 представлена диаграмма экспериментальной зависимости

эффективности модели комбинированного электрофлотационного аппарата от времени работы (совместно с камерой электрокоагуляции и электрофлотации). Из диаграммы видно, что время обработки сточной воды ЛКП в комбинированном электрофлотационном аппарате должно составлять 60 минут для обеспечения наивысшей эффективности.

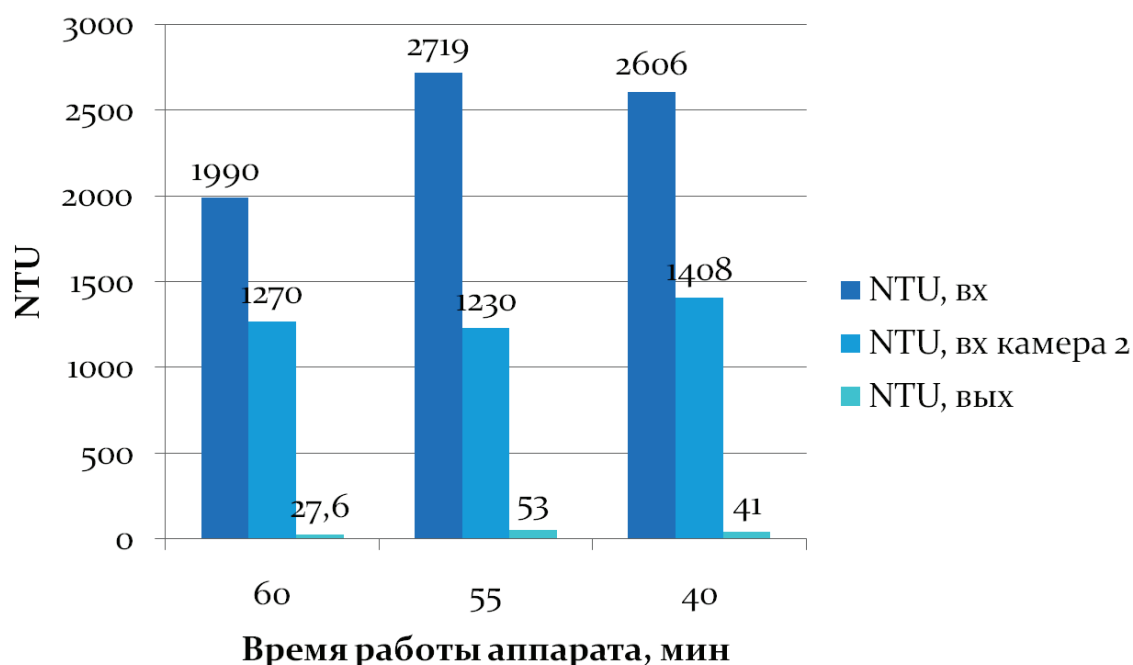


Рис. 6. Эффективность работы комбинированного электрофлотационного аппарата

5. Заключение

На основании проведенных исследований был разработан и запатентован электрофлотационный аппарат, главным отличием которого является деление потока очищаемой воды на 2 части, одна из которых подается в камеру электрокоагуляции. Где нарабатывается гидроокись, которая переходит в камеру электрофлотации и смешивается с основным потоком и сорбирует частички загрязнения, одновременно присоединяя пузырьки воздуха. Гидроокись обладает большей сорбционной эффективностью по сравнению с известными, используемыми реагентом хозяйстве— это коагулянт в чистом виде, без примесей. В результате образуются прочные флотокомплексы, которые флотируются в пенный слой. Образуется пена тоже устойчива к разрушению. Эффективность очистки воды в предполагаемом электрофлотационном аппарате составляет 93-99 %, а известном (аналоге) 89-90% при соответственно удельных затратах электроэнергии 0,8 – 1,4 в предполагаемом и 2,1 – 4,9 в известном [3]. Поэтому, использование предполагаемого электрофлотационного аппарата позволяет существенно повысить эффективность очистки воды при меньших удельных энергозатратах.

Список использованных источников

1. Ксенофонтов Б.С., Капитонова С.Н., Бондаренко А.В. Электрофлотационная обработка сточных вод микробиологических производств //Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электронный журнал Россия,2011. № 10. Режим доступа:<http://technomag.edu.ru/doc/223619.html>. (дата обращения:10.09.2011).
2. Ксенофонтов Б.С. Флотационная обработка воды, отходов и почвы. М.: Новые технологии, 2010.-272 с.
3. Патент на полезную модель - 111848 РФ, Электрофлотационный аппарат.// Ксенофонтов Б.С., Капитонова С.Н., Бондаренко А.В., Старостин И.И.; патентообладатель Ксенофонтов Б.С. - № 2011127516; заявл. 06.07.2011, опубл. 27.12.2011. – 2 с.