

Исследование влияния вибрации на флотационную обработку сточных вод**77-30569/223719**

10, октябрь 2011

Ксенофонов Б. С., Иванов М. В.

УДК.628.321

МГТУ им. Н.Э. Баумана

kbsflot@mail.rumivanov2005@mail.ru

Для описания флотационного процесса в последнее время используется многостадийная модель [1]. В случае применения интенсифицирующих воздействий, например виброакустических, приводящих к дополнительному диспергированию воздушных пузырьков (результаты применения виброакустического воздействия см. в [2]), такая модель представляется схемой (рис. 1), которая может быть описана следующей системой уравнений:

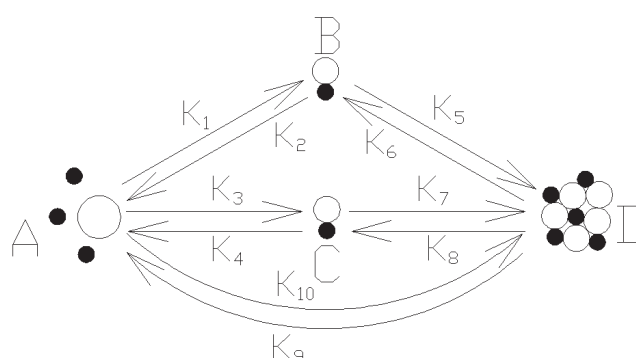


Рис. 1. Схема флотационного процесса с наложением вибровоздействий

Система уравнений:

$$\begin{cases} \frac{dC_A}{dt} = -K_1 \frac{dC_A}{dt} + K_2 \frac{dC_B}{dt} - K_3 \frac{dC_A}{dt} + K_4 \frac{dC_C}{dt} + K_9 \frac{dC_D}{dt} - K_{10} \frac{dC_A}{dt} \\ \frac{dC_B}{dt} = K_1 \frac{dC_A}{dt} - K_2 \frac{dC_B}{dt} - K_5 \frac{dC_B}{dt} - K_5 \frac{dC_B}{dt} + K_6 \frac{dC_D}{dt} \\ \frac{dC_C}{dt} = K_3 \frac{dC_A}{dt} - K_4 \frac{dC_C}{dt} - K_7 \frac{dC_C}{dt} + K_8 \frac{dC_D}{dt} \\ \frac{dC_D}{dt} = K_5 \frac{dC_B}{dt} - K_6 \frac{dC_D}{dt} + K_7 \frac{dC_C}{dt} - K_8 \frac{dC_D}{dt} - K_9 \frac{dC_D}{dt} + K_{10} \frac{dC_A}{dt} \end{cases}$$

где А - исходное состояние частиц; В и С - состояние прилипания и закрепления диспергированных частиц на пузырьках; D - состояние частиц в пенном слое; С_А, С_В, С_С, С_Д – концентрация частиц в состояниях А, В, С и D соответственно; К₁, К₂, К₃, К₄, К₅, К₆, К₇, К₈, К₉, К₁₀ - константы переходов флотируемых веществ из одного состояния в другое.

Константы перехода могут быть определены из следующих выражений:

- Константы К₁, К₃, характеризующие вероятность образования флотокомплекса частица-пузырек в течение времени Т₀:

$$K = \frac{1.5qE}{k_0 D} ; \quad K_3 = \frac{1.5qE}{k_0 D}$$

где: q – скорость барботирования, Е – эффективность захвата, k₀ – коэф. полидисперсности пузырей, D - эффективный диаметр пузырьков воздуха. Нами впервые указано на необходимость использования в качестве среднего размера пузырьков величины (эффективного радиуса, диаметра), характеризующей усредненную оценку размера пузырьков R_г, которые образуют флотокомплексы (рис.2), а не всех образуемых в жидкости пузырьков как это рекомендуется в известных литературных источниках. Например, в [3] рекомендуется определять средний размер пузырьков R_{ср}, исходя из общего спектра пузырьков. Последнее утверждение, по нашему мнению, не является корректным, так как часть пузырьков больших размеров (размером R_d примерно 2 мм и более) не образует флотокомплексов. При этом следует отметить, что граничный размер пузырьков зависит от ряда факторов.

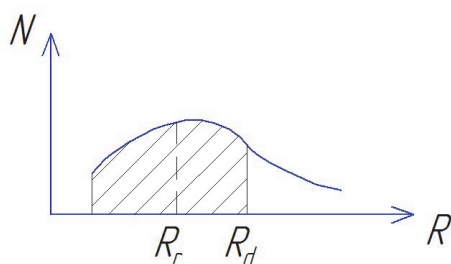


Рис.2. Определение среднего размера пузырьков R_r , образующих флотокомплексы

- Вероятность разрушения образовавшихся флотокомплексов характеризуется константами:

$$K_2 = A \cdot C_f \cdot G_a \cdot M^2; \quad K_3 = A \cdot C_f \cdot G_a \cdot M^2,$$

где A – коэффициент, C_f – концентрация флотокомплексов, G_a – градиент скорости аэрации, M – отношение размера частицы и пузырька.

- Перемещение флотокомплексов частица-пузырек в пенный слой характеризуется константами:

$$K_4 = \frac{v_r}{h}; \quad K_5 = \frac{v_r}{h},$$

где v_r – скорость подъема флотокомплекса; h – расстояние от зоны аэрации до пенного слоя (глубина флотокамеры).

- Выпадение флотокомплексов из пенного слоя при условии его мгновенного удаления, определяется константами:

$$K_6 = F \cdot G_s \cdot C_f \cdot d_r^2; \quad K_7 = F \cdot G_s \cdot C_f \cdot d_r^2,$$

где F – коэффициент пропорциональности; G_s – градиент скорости в околупенном слое; C_f – концентрация пузырьков в пенном слое; d_r – эффективный диаметр пузырьков воздуха в пене.

- Константа K_9 , определяющая выпадение частиц твердой фазы из пенного слоя в зону аэрации

$$K_9 = \frac{v_{oc}}{h}$$

где v_{oc} – скорость осаждения частиц твердой фазы, выпадающих из пенного слоя, как правило, может рассчитываться по формуле Стокса.

- Вероятность перехода частиц твердой фазы из жидкости в пену характеризуется константой:

$$K_1 = \psi \frac{\partial}{\partial x} \left\{ \frac{1}{2\sqrt{\pi D \psi t}} \left[\exp\left(-\frac{(x-H)^2}{4D\psi t}\right) + \exp\left(-\frac{(x+H)^2}{4D\psi t}\right) \right] \right\}$$

где t – время, x – текущее расстояние от границы пенного слоя, D – коэффициент диффузии частиц твердой фазы в жидкости.

Предлагаемая теоретическая модель проверялась экспериментально. Исследования воздействия вибрации на флотационную очистки проводились на сточной воде лакокрасочного производства.

Лакокрасочные материалы — это сложные многокомпонентные системы, содержащие пленкообразователи, пигменты, наполнители и др. Значительной составляющей большинства лакокрасочных материалов являются органические растворители. В качестве пигментов используются неорганические соединения: оксиды, соли тяжелых металлов. 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.

Точный состав предоставленных отходов предоставлен не был, анализ жидкости также не производился. Однако наиболее распространен и типичен состав жидких отходов производства лакокрасочных материалов, представленный в таблице 1 [4]:

Таблица 1. Примерный состав сточных вод лакокрасочного производства.

Наименование компонента	Содержание, %
Алкидная смола (ХРОМАСАЛ СУ 67)	62,0
Бензин (уайт-спирит)	11,9
Пеногаситель (минеральное масло)	0,2
Кальций	0,05
Диспергаторы (соевый лецитин)	0,3
Диоксид кремния (аэросил)	0,4
Диоксид титана	22,0
Марганец	0,025
Свинец	0,225
Ксилол	2,7
Метилэтилкетон (метилэтилэтоксим)	0,2
ИТОГО:	100

Визуально отходы представляют собой вязкую маслянистую жидкость желтого цвета. Характерен сильный едкий запах. В жидкости имеется большое количество твердых частиц, выпадающих в осадок.

При проведении экспериментов использовалось два типа осадка: отстоенный (в течение не менее суток) и набранный после перемешивания.

Для анализа эффективности очистки проводилось измерение мутности с помощью турбидиметра фирмы HACH, США типа 2100 AN. Мутность измерялась в нефелометрических единицах мутности NTU.

Флотация производилась в колонне. Высота столба жидкости составляла 500 мм. Пена отводилась в пеносборник. Критерием завершения процесса флотации служило прекращение пенообразования и, соответственно, пеноотведения в пеносборник. Для определения требуемого режима вибрационного воздействия было произведено предварительное исследование влияния вибрации на аэрацию в водопроводной воде с заданной высотой столба жидкости. Результаты исследования показали, что для данных условий наименьший диаметр пузырьков воздуха и наиболее равномерное их распределение по площади колонны имели место при вибрационном воздействии на частоте 130 Гц, при уровне вибрации 2g.

Результаты эксперимента сведены в таблицу 2.

*Таблица 2. Результаты экспериментов по очистке отходов
лакокрасочного производства*

<i>Тип пробы</i>	<i>Режим обработки</i>	<i>Мутность. NTU</i>
Исходный сток	-	1840
После отстаивания	Только флотация, без вибрации, время флотации 15 минут	910
После отстаивания	Флотация с вибрацией, частота 130 Гц, уровень 2g, время флотации 15 минут	380
После перемешивания	Флотация с вибрацией, частота 130 Гц, уровень 2g, время флотации 15 минут	330

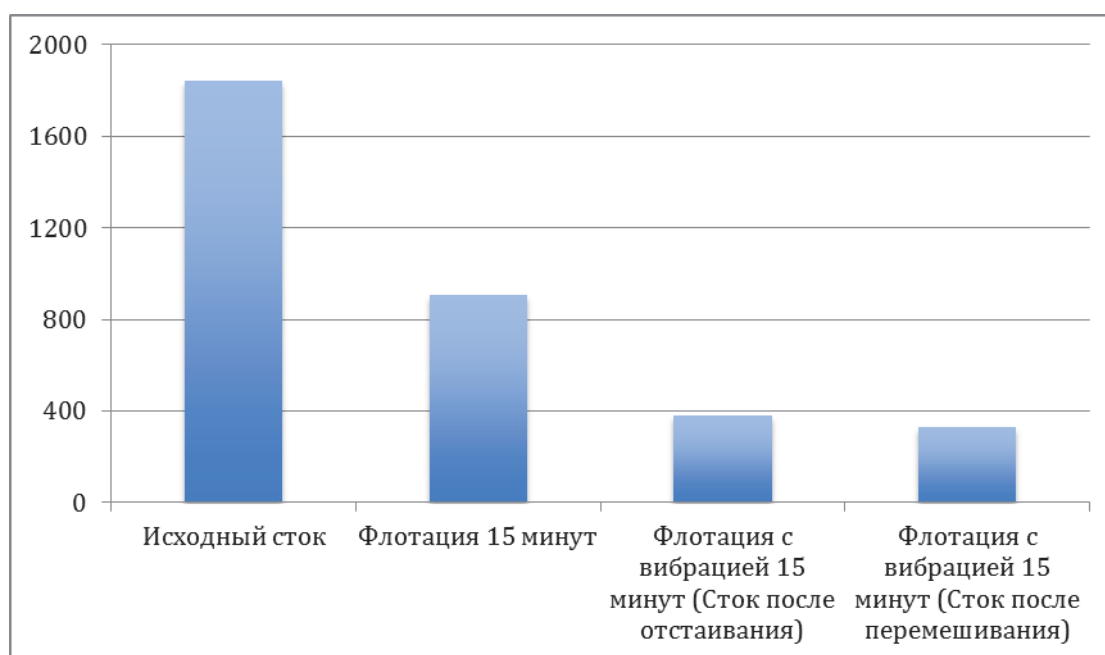


Рис. 3. Сравнительные данные влияния вибровоздействий на флотационную очистку
сточных вод лакокрасочного производства

Таким образом, очевидно существенное влияние вибрации на процесс флотации. Стоит отметить, что существенного различия в типе пробы на результате не отмечено, те нерастворенные частицы загрязнений, которые попали в пробу, отобранную после

перемешивания остались и осадились в стоке и после флотации. Время флотации с вибрацией составляло 10 минут, после которого количество производимой пены было незначительно, увеличение времени флотации еще на 5 минут привели лишь к незначительному улучшению результатов.

Время флотации без вибрации составляло 5 минут, по истечении которых пена также уже практически не производилась, однако флотация проводилась еще в течение 10 минут. Стоит отметить, что если после завершения флотации в режиме без вибрации, ее добавить в заданном режиме, пена снова начинала производиться, а сток, соответственно продолжал флотироваться.

Список литературы:

1. Ксенофонтов Б.С. Флотационная обработка воды, отходов и почвы. М.: Новые технологии. – 2010.-272 с.
2. Ксенофонтов Б. С., Иванов М. В., Геворкян Р. Э. «Флотационная очистка сточных вод с использованием вибровоздействий» // Безопасность жизнедеятельности №9 2011
3. Дерягин Б.В. Микрофлотация. М.: Химия.- 1987.
4. Кузьмин Р.С. Компонентный состав отходов. Часть 1: монография / Р.С. Кузьмин. - Казань.: Дом печати, 2007. - 156 с.