
ЭКОЛОГИЯ (ПО ОТРАСЛЯМ)

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ НАПОРНОЙ ФЛОТАЦИИ ПУТЕМ ВВЕДЕНИЯ ДВУХ РАБОЧИХ РАСТВОРОВ

Школьная Елена Игоревна

студент МГТУ им. Н.Э. Баумана,
105005, РФ, г. Москва, ул. 2-ая Бауманская, 5
E-mail: shkolnayaei@gmail.com

Козодаев Алексей Станиславович

канд. техн. наук, доц. МГТУ им. Н.Э. Баумана,
105005, РФ, г. Москва, ул. 2-ая Бауманская, 5

INTENSIFICATION DISSOLVE AIR FLOTATION BY INTRODUCING TWO WORKING SOLUTIONS

Elena Shkolnaya

student of Bauman Moscow State Technical University,
105005, Russia, Moscow, 2 Baumanskaya Street, 5

Alexey Kozodaev

candidate of Technical Sciences, associate professor of Bauman Moscow State Technical University,
105005, Russia, Moscow, 2 Baumanskaya Street, 5

АННОТАЦИЯ

В работе рассмотрен такой способ интенсификации напорной флотации, как введение второго рабочего раствора, содержащего легкорастворимый газ.

Изучен механизм выделения легкорастворимого газа из раствора и особенности этого механизма. А также произведен расчет времени флотационного извлечения частиц загрязнений после введения второго рабочего раствора.

ABSTRACT

In the article the method of intensification of pressure flotation such as the introduction of the second working solution containing freely soluble gas is considered. The mechanism of allocating freely soluble gas from the solution and features of this mechanism are studied. Also, time evaluation of flotation extract of impurity particles after introduction of the second working solution is made.

Ключевые слова: напорная флотация; очистка сточных вод; легко растворимый газ; углекислый газ.

Keywords: dissolve air flotation; wastewater treatment; easily soluble gas; carbon dioxide.

Метод напорной флотации находит все большее применение в целях очистки сточных вод от загрязнений. Все потому, что флотация, выполняя те же функции, что и отстаивание, является более быстрым способом очистки. Метод так эффективен из-за образования мелких пузырьков уже на частицах. При выделении газа из пересыщенного раствора рост новой фазы происходит на частицах, так как это удобно в энергетическом плане. Но пузырек газа образуется малого радиуса, флотирование происходит очень медленно. Это влечет за собой унос флотоагрегатов

и, соответственно, снижение эффективности всего процесса очистки. Эту проблему частично можно решить конструктивными способами, например, установкой флотационной камеры блока тонкослойного отстаивания или фильтра. Можно провести вторичное насыщение флотируемой среды газовыми пузырьками большего размера. Часто насыщение проводят барботированием. Но при таком способе кроме коалесценции пузырьков происходит разрушение флотоагрегатов, в связи с созданием высокого скоростного градиента большим пузырьком.

Высокой эффективности в коалесценции при напорной флотации удалось добиться при условиях, когда малый и большой пузырьки образуются непосредственно в жидкой фазе. Эти условия возможны, например, при использовании двух рабочих жидкостей с газами разной растворимости.

Целью работы является изучение процесса напорной флотации после интенсификации путем

введения в камеру второго рабочего раствора с легко растворимым газом (углекислым газом), а также нахождения времени флотационного извлечения при таком способе интенсификации.

Материалы и методика. Опытные исследования были проведены на установке, схема которой представлена на рисунке 1.

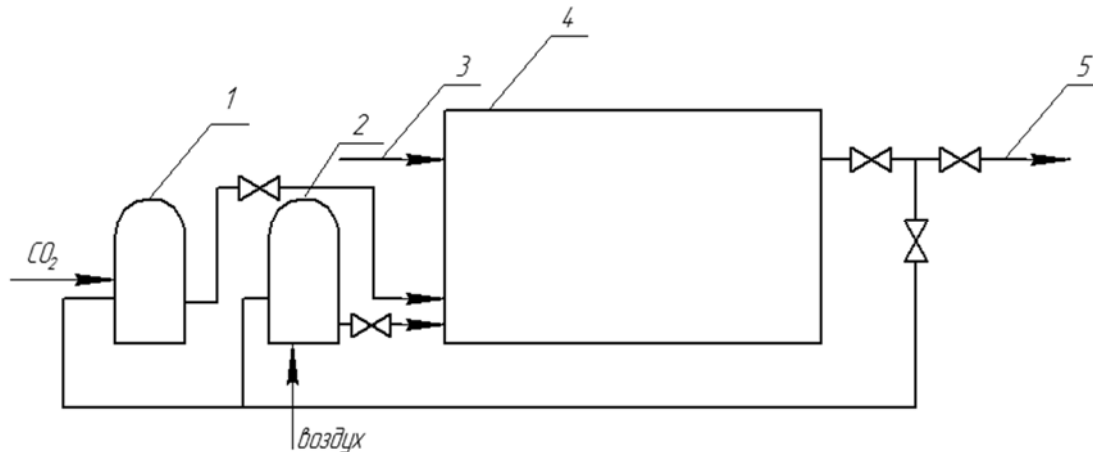


Рисунок 1. Учебная установка для флотационной очистки, где 1,2 – сатуратор; 3 – подача загрязненной воды; 4 – флотокамера; 5 – отвод очищенной воды

Для опыта использовалась вода из московского водопровода, в которую был добавлен активный ил в качестве центров зарождения новой фазы. Для наблюдения исследуемых параметров был применен метод фотографирования оптической системой с ма-

лой глубиной резкости. Фотографирование производилось каждые 60 с. По полученным фотографиям определялся размер пузырька. Далее был построен график зависимости размера пузырька от времени (Рисунок 2).

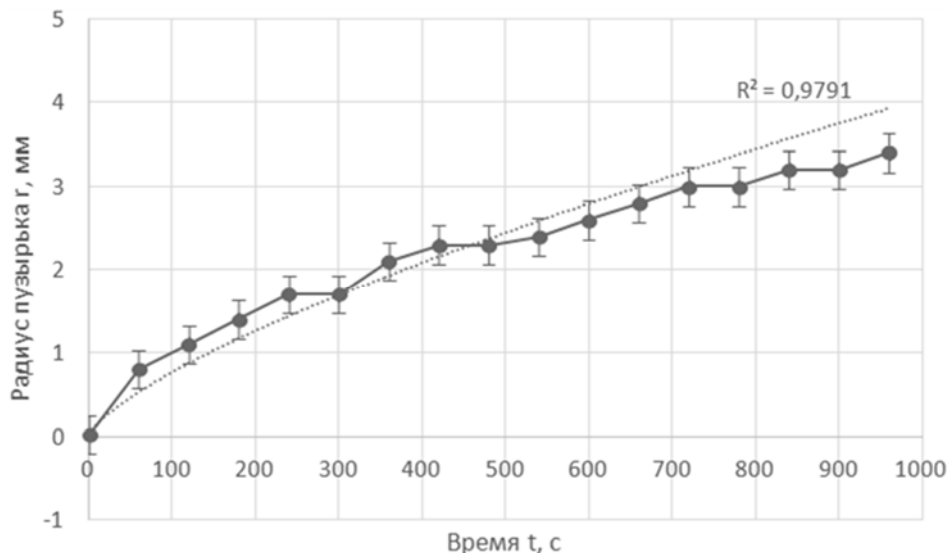


Рисунок 2. Изменение радиуса пузырька при флотации с использованием второго рабочего раствора с углекислым газом (опытные данные)

Результаты исследований. Условие выделения новой фазы в растворе является, помимо превышения химического потенциала выделяющегося компонента в старой фазе его химического потенциала в новой фазе, преодоление сил поверхностной энергии.

Поэтому для образования новой фазы необходимо, чтобы из-за флуктуаций произошло скопление достаточно большого числа молекул новой фазы. Часто бывает необходимо наличие каких-то центров обра-

зования, ими могут быть какие-либо микровключения. Но уже выделившийся участок новой фазы начинает быстро расти. Таким образом, процесс выделения новой фазы состоит из двух стадий: возникновения зародышей пузырьков и их роста. Первая стадия идет с увеличением энергии Гиббса, вторая – с уменьшением.

При высокоскоростном истечении жидкости из редукционного клапана, в результате процессов флуктуации, образуются большие скопления молекул воздуха. В загрязненной воде имеется большое количество взвешенных веществ, которые прекрасно подходят под центры образования новой фазы. Как показывают опытные исследования, выделение пузырьков воздуха происходит именно на этих микро-частицах – центрах зарождения новой фазы.

При введении одной рабочей жидкости, насыщенной воздухом на частице образуется пузырек размером 0,01–0,05 мм в среднем. Скорость подъема таких флотоагрегатов 0,13–0,26 мм/с [2, с. 73].

Введение второго рабочего раствора – раствора легкорастворимого газа приводит к повторению процесса образования второй фазы – газообразной. Для образования пузырька легкорастворимого газа также необходимо затратить энергию, причем большую, чем при выделении пузырька воздуха, из-за хорошей растворимости газа, поэтому для выделения второго газа также требуются центры зарождения. Поскольку

мгновенно из раствора выделился труднорастворимый газ – воздух, его пузырьки и являются центрами зарождения новой газообразной фазы – легкорастворимого газа. Выделение из раствора легкорастворимого газа идет медленнее, чем воздуха, и, следовательно, занимает большее время, но при этом увеличение газовых пузырьков происходит плавно, и прочность их не нарушается. В итоге образуется флотокомплекс, представляющий собой частицу загрязнения, в объеме и на поверхности которой расположены газовые пузырьки с размерами 2–3 мм. При таком способе флотации переход флотируемых частиц загрязнений в пену происходит в 2–2,5 раза быстрее [2, с. 75].

Изменение радиуса пузырька можно рассчитать по формуле [3, с. 104]:

$$\frac{dr(t)}{dt} = \frac{RT}{M} \cdot \frac{D\Delta C(t)}{p(t)r(t)} - \frac{r(t)}{3p(t)} \cdot \frac{dp(t)}{dt}$$

Пренебрегая изменением давления по толщине слоя жидкости (при высоте слоя менее 1 м) и принимая коэффициент диффузии углекислого газа в воде $D=1.8 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2/\text{с}$, при температуре $T=20^\circ\text{C}$, получаем график, представленный на рисунке 3 (время указано в секундах, радиус пузырька в метрах). Принимаем, что $r(t_0)=0.025 \text{ мм}$ – радиус образовавшегося пузырька воздуха теоретический.

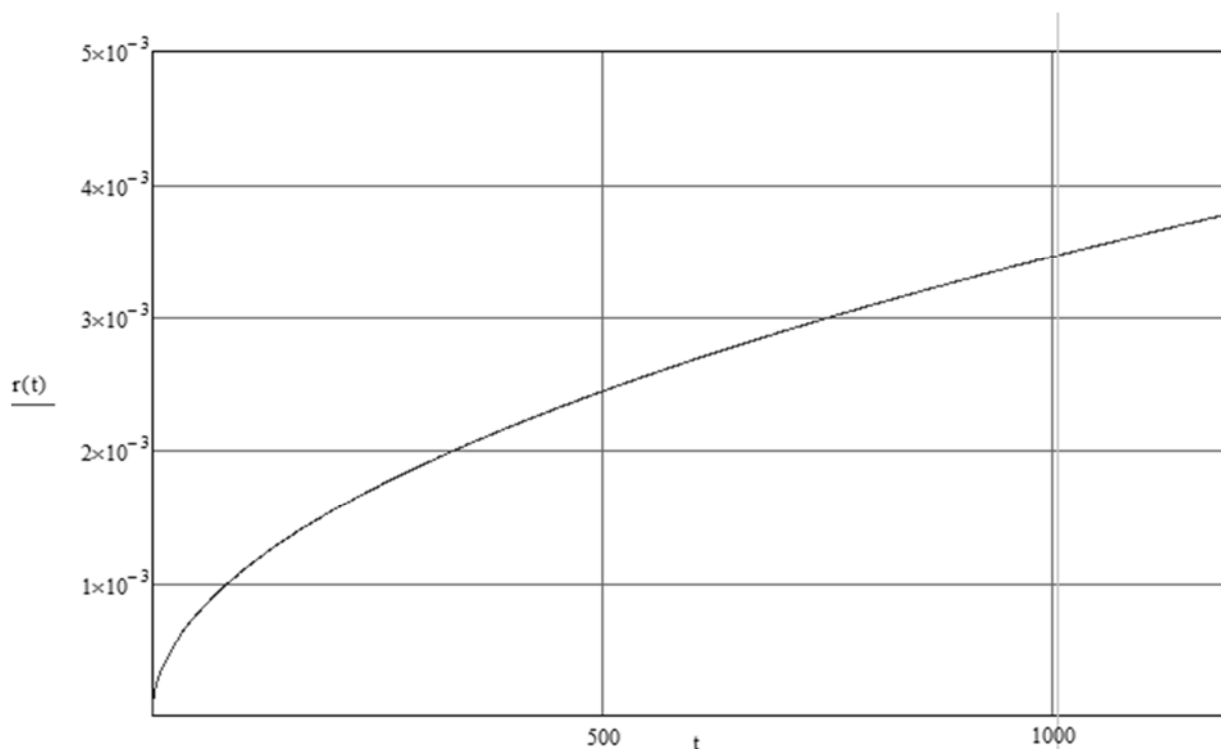


Рисунок 3. Изменение радиуса пузырька при флотации с использованием второго рабочего раствора с легкорастворимым газом (теоретические данные)

Как показывает практика, наилучший размер пузырька при флотации составляет 2–3 мм. На графике видно, что это соответствует времени 350–700 с (6–12 мин).

При высоте слоя жидкости 1 м и скорости подъема пузырька 3–5,5 мм/с (что в 2–2,5 раза больше

скорости подъема без введения второго рабочего раствора) время, затраченное на подъем флотоагрегата в пенный слой составит 200–350 с.

Таким образом, общее время флотационного извлечения с введением второго рабочего раствора с легкорастворимым газом составит 550–1050 с, т. е. 9–18 мин.

Вывод. Получено время извлечения флотоагрегатов в процессе напорной флотации двумя рабочими жидкостями, которое составляет 9–18 минут. Так как при напорной флотации одним рабочим раствором среднее время извлечения составляет 35–40 минут, получили теоретическое подтверждение практических выводов об ускорении процесса в 2–2,5 раза.

Список литературы:

1. Козодаев А.С. Экологическая оценка влияния складирования осадков сточных вод на окружающую среду и пути интенсификации флотационного сгущения активного ила: Дис. ... канд.тех.наук: 03.00.16 / Козодаев Алексей Станиславович; – М., 2009. 191 с.
2. Ксенофонов Б.С. Очистка сточных вод: флотация и сгущение осадков. – М.: Химия, 1992. 144 с.
3. Стахов Е.А. Очистка нефтесодержащих сточных вод предприятий и хранения и транспорта нефтепродуктов. – Л.: Недра, 1983. 263 с.