

А.Д. Воробьёв, канд. техн. наук  
О.Б. Дормешкин, д-р техн. наук  
avorobiov@belstu.by (БГТУ, г. Минск)

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ПОЛИМЕРНЫХ КИСЛОТ ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ ВОДООБОРОТНЫХ СИСТЕМ**

Стабилизационная обработка охлаждающей воды в промышленных водооборотных циклах в настоящее время является обязательным условием эффективной эксплуатации системы. Разработка реагентного режима стабилизационной обработки воды является весьма трудоемким и ответственным процессом, поскольку включает в себя целый ряд мероприятий, направленных на всесторонний анализ показателей качества и свойств воды, используемой в водооборотной системе и моделирования условий водооборотных циклов. Помимо прогнозирования и предотвращения процессов образования и роста кристаллов накипи в охлаждающих оборотных циклах важной задачей является также эффективное диспергирование взвешенных частиц, находящихся в объеме теплоносителя. Такими частицами являются мелкодисперсные и коллоидные примеси, поступающие с водой из природных источников; образующиеся микрокристаллы карбонатов и сульфатов кальция; пыль и песок из окружающей среды; биологические загрязнения. С этой целью в ингибирующие составы вводят специальные реагенты – вещества, повышающие агрегативную устойчивость водной системы [1].

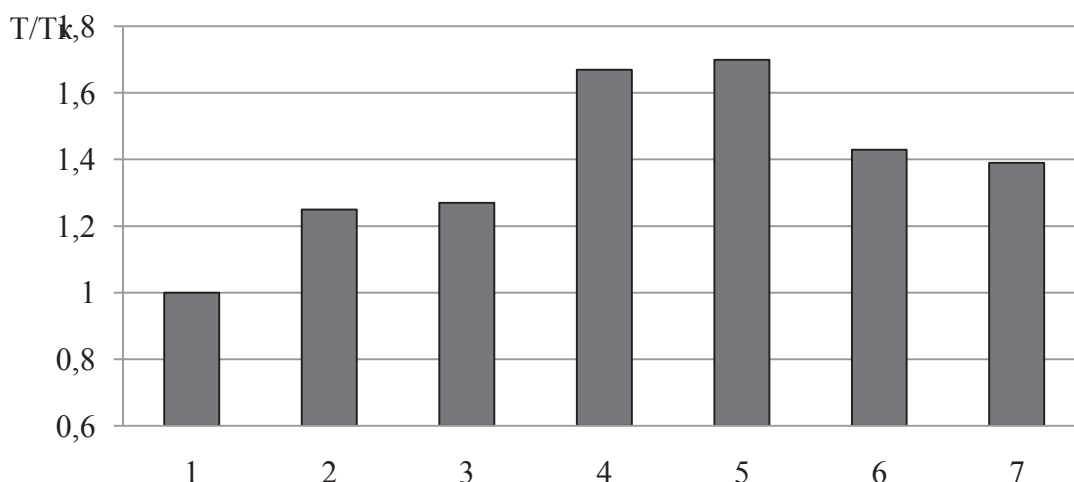
Наиболее распространенными дисперсантами являются органические полимерные кислоты с низким значением молекулярной массы, например, полиакриловая кислота, полиметакриловая кислота, их сополимеры и т.д. Принято считать, что адсорбция полиакриловой кислоты на поверхности осадков карбонатов осуществляется за счет взаимодействия карбоксильных групп полимера с ионами кальция и магния на поверхности кристалла [2]. Граничные слои различных частиц, образованные карбоксильными группами, не вступившими во взаимодействие с поверхностью, отталкиваются друг от друга, обеспечивая стабилизационный эффект. Тем не менее, вопросы влияния состава и, в частности, степени гидрофобности полимерных кислот на механизмы адсорбции и диспергирования на данный момент нам показались недостаточно изученными.

В качестве полимерных дисперсантов нами был выбран ряд органических кислот – полималеиновая кислота (ПМК), полиакриловая кислота (ПАК) с концентрациями 0,1 мг/л, полиметакриловая кислота

(ПМТК) и сополимер полиметакриловой кислоты с дельта-3-кареном (ПМДК). В ряду указанных кислот длина углеводородного радикала увеличивается и, соответственно, уменьшается растворимость в водной среде. Исследования проводили с использованием лабораторной установки «РМАС», моделирующей динамические условия накипеобразования в водооборотных циклах.

Зачастую процесс диспергирования лимитируется адсорбцией поликислот на поверхности образующихся зародышей кристаллов. Протекание процесса адсорбции полимеров и строение адсорбционных слоев на поверхности карбонатов зависят от химического строения поликислот и соотношения гидрофильных и неполярных групп.

Известен механизм стерической стабилизации коллоидных дисперсных систем, впервые описанный американскими исследователями Геллером и Пью, который основан на отличии в адсорбции полимеров, имеющих различную растворимость в дисперсионной среде [3]. Как правило, полимер, имеющий меньшую растворимость, выступает в роли так называемого «якорного полимера» и адсорбируется на поверхности коллоидной частички. В свою очередь, более растворимый полимер взаимодействует с якорным полимером и служит стабилизационным фрагментом комплекса полимер-коллоидная частица.



Добавки дисперсантов: 1 – без добавок; 2 – ПМК; 3 – ПАК; 4 – ПМК:ПМДК=1:9; 5 – ПАК:ПМДК=1:9; 6 – ПАК:ПМАК=1:9; 7 – ПМК:ПМАК=1:9;

**Рис. 1 – Относительное светопропускание карбонатных дисперсий с добавками дисперсантов**

Исследования показали, что индивидуальное применение ПАК и ПМК (1 и 2) повышает стабильность системы в среднем на 25%, в то время как введение сополимера в систему практически не влияет на процесс образования и выпадения осадка. Можно предположить, что ПМАК и ПАК стабилизируют дисперсию за счет адсорбции на по-

верхности коллоидных частиц гидрофильными фрагментами и последующим взаимным отталкиванием адсорбционных слоев каждой частицы. В случае с сополимером, количество гидрофильных групп по отношению к гидрофобным значительно меньше и, следовательно, гидрофобный граничный слой, образующийся на поверхности частиц, является более плотным и содержит значительно меньше отрицательно заряженных гидрофильных групп, что негативно сказывается на стабильности системы. Кроме того, были исследованы диспергирующие свойства композиций ПАК и ПМК с ПМТК (6 и 7), а также ПАК и ПМК с ПМДК (4 и 5) при различных соотношениях компонентов. Установлено, что композиции ПАК и ПМК с ПМДК значительно более эффективны по сравнению с индивидуальными веществами в случае низкого содержания сополимера. В случае композиции ПАК и ПМК с ПМТК данный эффект значительно менее выражен. Согласно указанной выше теории наиболее очевидным объяснением данного эффекта является то, что сополимер адсорбируется на поверхности коллоидных частиц, находящихся в растворе в роли «якорного полимера», ПАК или ПМК – в качестве стабилизирующего фрагмента. Совместная адсорбция полимеров приводит к формированию достаточно плотного адсорбционного слоя, содержащего как гидрофобные, так и гидрофильные группы. Объяснением практически полного отсутствия данного эффекта в случае ПМАК можно объяснить тем, что гидрофобность данного полиэлектролита значительно меньше, чем гидрофобность сополимера и, в связи с этим, «якорный механизм» в данном случае значительно менее выражен.

Таким образом, полученные результаты позволяют сделать вывод о целесообразности введения в состав композиций для стабилизационной обработки воды полимеров с большим соотношением гидрофобных/гидрофильных групп, чем у ПАК или ПМК. При этом, согласно нашим исследованиям диспергирующий эффект составов усилится на 25–30%.

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 Hasson D., Shemer H., Sher A. State of the art of friendly “green” scale control inhibitors: a review article // *Industrial & Engineering Chemistry Research*. – 2011. – V. 50. – №. 12. – P. 7601-7607.
- 2 Taylor J. J., Sigmund W. M. Adsorption of sodium polyacrylate in high solids loading calcium carbonate slurries // *Journal of colloid and interface science*. – 2010. – V. 341. – №. 2. – P. 298-302.
- 3 Неппер, Д. Стабилизация коллоидных дисперсий полимерами: Пер. с англ. / Д. Неппер, В. П. Привалко – М. : Мир, 1986.