

УДК 628.335

## КОАГУЛЯЦИЯ МИКРОГЕТЕРОГЕННЫХ СИСТЕМ ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТНЫМИ КОМПЛЕКСАМИ

В.Н. Марцуль, И.М. Groшев, В.П. Капориков  
(БГТУ, г.Минск)

Одним из наиболее перспективных направлений совершенствования процессов разделения дисперсных систем в технологии очистки промышленных сточных вод является применение полимерных флокулянтов, обеспечивающих высокую эффективность и скорость процесса. Известные синтетические флокулянты, например полиакриламид (ПАА) и его производные, являются дорогостоящими продуктами, использование которых сопряжено с возможностью вторичного загрязнения водоемов трудноокисляемыми, весьма токсичными соединениями.

В настоящей работе были проведены исследования по разработке способов очистки сточных вод с использованием в качестве флокулянтов продуктов интерполимерных реакций между катионными (КП) и анионными (АП) полиэлектролитами, так называемых полиэлектролитных комплексов (ПЭК).

Изучение интерполимерных реакций проводили в следующих системах: ПДМДААХ - полиакриловая кислота (ПАК) (система 1) и ПДМДААХ - технические лигносульфонаты (ТЛС) (система 2). Для каждой пары полимеров определена глубина превращения, рН-профили реакций, а также условия получения стехиометричных комплексов.

С целью определения глубины превращения в реакции проведен анализ растворов ПДМДААХ, ПАК и ПЭК на их основе методом потенциометрического титрования. Крутизна профиля реакции свидетельствует о кооперативности превращения, протекающего при изменении рН на 1.5 единицы. Хорошее стерическое соответствие полимеров друг к другу обеспечивает довольно высокий показатель глубины превращения (50%).

Результаты турбидиметрического титрования системы 1 показали, что при эквимолярном соотношении реагентов (концентрация обоих полиэлектролитов 0.1 осново-моль/л) образуется ПЭК стехиометрического состава (СПЭК), причем порядок введения реагентов оказывает непосредственное влияние на характер изменения мутности в системе. Характеристический состав образующегося в данной системе нестехиометрического ПЭК (НПЭК), определяющийся отношением числа звеньев полиэлектролита, взятого в недостатке, к числу звеньев полиэлектролита присутствующего

щего в избытке,  $\text{f}_{\text{ХАР}} = 0.37$ . Содержание низкомолекулярного полиэлектролита (NaCl) в расчете на конечный объем реакционной смеси составляло 0.3 моль/л.

Для пары полиэлектролитов ПДМДААХ - ТЛС соотношение концентраций, соответствующее максимуму мутности системы, не соответствует расчетному стехиометрическому соотношению. Вероятно, это объясняется существенными стерическими затруднениями и относительно малой доступностью ионогенных групп лигносульфонатов.

Исследование влияния соледождения в рассматриваемых полиэлектролитных системах проводилось методом турбидиметрического титрования 0.1М раствором KCl. Установлено, что изменение ионной силы в системе 1 для реакционной смеси, соответствующей образованию НПЭК характеристического состава, приводит к фазовому разделению системы. Поэтому синтез НПЭК исследуемого состава следует проводить при соледождении (по KCl) не более 0.15 моль/л. При превышении соледождения 0.41 моль/л ПЭК распадается на отдельные, не связанные солевыми связями полиэлектролиты.

Изменение ионной силы раствора в системе 2 также приводит к фазовому разделению. Падение мутности в этом случае при превышении критического значения соледождения 0.37 моль/л не достигает своего первоначального значения. Это может свидетельствовать о достаточно высокой стабильности ПЭК, вероятно, за счет образования водородных связей.

В ходе работы проводились также исследования электрокинетического потенциала частиц ПЭК на разных стадиях его получения.

Таким образом, процессом фазового разделения в полиэлектролитной системе, образующей солевой комплекс, можно управлять изменением порядка смешения компонентов и ионной силы раствора.

При исследовании флокулирующих свойств продуктов интерполимерных реакций на глинистых суспензиях с концентрацией дисперсной фазы 1000 мг/л принимали во внимание, что существует два варианта применения ПЭК. Первый заключается в предварительном получении ПЭК или СПЭК и их введении в обрабатываемую систему: сточную воду, суспензию и др., второй предполагает получение ПЭК непосредственно в обрабатываемой системе путем введения в определенной последовательности и соотношении полиэлектролитов, составляющих ПЭК. Для сравнения в работе использовали гомополимеры, которые являются достаточно активными коагулянтами и флокулянтами. В ходе исследований установлено, что эффективность применения ПЭК в большинстве случаев гораздо выше по сравнению с гомополимерами. Введение готового СПЭК практически не отражается на процессе осаждения частиц дисперсной фазы. В то

же время дозировка готового НПЭК положительно сказывается на скорости осветления суспензии, хотя эффективность гомополимера ПДМДААХ в некоторых случаях оказалась выше, чем ПЭК.

Определение эффективности применения ПЭК проводили на сточной воде производства древесноволокнистых плит, характеризующейся содержанием взвешенных веществ - 1900 мг/л, растворенных продуктов химико-механической обработки древесины по ХПК - 5800 мг О<sub>2</sub>/л. Зета-потенциал частиц дисперсной фазы составляет от 15 до 25 мВ. Эксперимент проводили методом дробного коагулирования, выбирая наилучший режим реагентной обработки по показателям эффективности очистки от взвешенных веществ и растворенных веществ (ХПК). Варьировались дозы и соотношения полиэлектролитов при рН 4.5 и 7.2. Концентрация рабочих растворов поликатиона и полианиона в реакциях комплексобразования составляла 0.06 осново-моль/л.

Полученные данные свидетельствуют о том, что обработка воды предлагаемым способом обеспечивает довольно высокий эффект очистки при сниженных расходах катионного полиэлектролита. Так, при рН 4.5 количество вводимого КП можно уменьшить в несколько раз по сравнению с гомополимером. При этом соотношение КП:АП составляет 1:0.5-1:1, а минимальное количество вводимого флокулянта, представляющего смесь двух полиэлектролитов и обеспечивающего желаемую степень очистки воды, равняется 30 мг/л. В нейтральной среде действие поликомплекса проявляется значительно слабее. Это объясняется снижением заряда макромолекул КП и их сворачиванием с повышением рН.

Анализ состава поликомплексов показал, что высокие результаты очистки сточных вод имеют место при таком соотношении ПДМДААХ и ПАК, при котором в системе присутствуют нерастворимый СПЭК и растворимый НПЭК. При этом СПЭК обеспечивает осаждение загрязнений главным образом за счет соосаждения и, возможно, протекания обменных реакций с участием как растворенных продуктов древесины, так и макромолекул поверхности частиц дисперсной фазы, а НПЭК обеспечивает осаждение загрязнений за счет коагуляции и флокуляции макромолекулами поликомплекса.

Таким образом, установлено, что использование продуктов интерполимерных реакций в процессах очистки сточных вод позволяет достичь желаемого результата при малых расходах реагентов. В качестве реагентов с успехом могут быть использованы растворы полимеров, полученные на основе некоторых видов отходов.