

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
Н. Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра полимеров на базе ООО «АКРИПОЛ»

**Синтез и свойства линейных и пространственно сшитых
полиамфолитов на основе акриловой кислоты и хлорида
триметиламиноэтилакрилата**

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

студента II курса 251 группы
направления 04.04.01 «Химия»

Института химии

Шантрохи Дениса Александровича

Научный руководитель

к.х.н., доцент

Т.А. Байбурдов

Зав. кафедрой

д. х. н., профессор

А. Б. Шиповская

Саратов 2025

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования. Полиамфолиты представляют собой сополимеры, состоящие из слабой кислоты/слабого основания, сильной кислоты/слабого основания и наоборот, мономеров сильной кислоты/сильного основания, в которых суммарный заряд и распределение заряда по цепи контролируются, главным образом, изменением pH раствора. Синтетические полиамфолиты используются в различных областях техники и технологий благодаря своей уникальной способности взаимодействовать как с катионными, так и с анионными веществами.

Магистерская работа посвящена синтезу полиамфолитов на основе сильного основания триметиламиноэтилакрилата (*ТМАЕМС*) и слабой кислоты (акриловой и ее соли) в концентрированных водных растворах и изучению их физико-химических свойств.

Целью работы является синтез полиамфолитов на основе акриловой кислоты и хлорида триметиламиноэтилакрилата (*ТМАЕМС*) и исследование свойств получаемых образцов.

Для достижения этой цели поставлены следующие **задачи**:

Получение полиамфолитов на основе акриловой кислоты и *ТМАЕМС* различной структуры и химического состава и воспроизведение в производственных условиях. Определение изоэлектрической точки (ИЭТ) полиамфолитов, исследование стабильности полученных растворов сополимеров.

Практическая значимость.

Полученные линейные высокомолекулярные образцы различного состава в качестве флокулянтов, что показано на примере седиментации суспензии оксида меди и суспензии мела. Пространственно сшитые образцы возможно применять в качестве pH-чувствительных гидрогелей, показана возможность регулирования области с наибольшим водопоглощением в зависимости от состава, а остаточный мономер для данных полимеров не превышал 50 ppm.

Основное содержание работы.

В главе 1 представлен обзор литературы, в котором обобщены данные научно-технической литературы по исследованию способов получения полиамфолитов разного химического состава и структуры, областей применения синтетических линейных полиамфолитов в качестве флокулянтов и пространственно сшитых pH чувствительных гидрогелей. Обзор охватывает 25 источников, в том числе зарубежных и последнего десятилетия.

В главе 2 описаны материалы и методы, используемые в работе.

В качестве мономеров были использованы: акриловая кислота, 80% водный раствор хлорида триметиламиноэтилакрилата (*TMAEMC*); *NaOH*.

Объектами исследования служили водорастворимые полиамфолиты на основе *AKNa*, *AK* и *TMAEMC*, полученные методом свободнорадикальной полимеризации и пространственно сшитые полиамфолиты на основе *AKNa*, *AK*, *TMAEMC* и *N,N'*-метилден-бис-акриламида.

Вискозиметрические измерения проводили на вискозиметре Уббелоде с диаметром капилляра 0.54 мм по общепринятой методике при $T=25\pm0,5^{\circ}\text{C}$.

Водородный показатель исходных растворов и смесевых композиций измеряли на pH-метре (SartoriusBasicMeterPB-11).

Флокулирующую способность оценивали по скорости седиментации суспензии мела и оксида меди. Равновесную степень водопоглощения *W*, г/г, определяли гравиметрически. Состав получаемых образцов полиамфолитов подтверждали методом ИК-Фурье спектроскопии.

В главе 3 обсуждаются результаты исследований закономерностей радикальной сополимеризации акриловой кислоты и *TMAEMC*, влияние концентрации инициатора, суммарной концентрации мономеров, pH реакционной массы на характеристики синтезируемых образцов.

Предварительными экспериментами были выбраны условия проведения сополимеризации, обеспечивающие получение сополимеров с высоким выходом (минимальное содержание остаточной *AK*). На первом этапе исследовали влияние концентрации инициатора персульфата аммония в

реакционной массе на характеристики полиамфолитов. Из полученных данных следует, что с увеличением концентрации ПСА уменьшается характеристическая вязкость и динамическая вязкость полученного сополимера.

На следующем этапе проведены исследования влияния суммарной концентрации мономеров на характеристики получаемых полиамфолитов. Суммарную концентрацию мономеров варьировали в пределах 1,12-1,46 моль/л. Увеличение концентрации мономеров на 30% позволило получить более высокомолекулярные полиамфолиты с $[\eta] = 4$ дл/г, а также регулировать динамическую вязкость. Полученные данные согласуются с общими закономерностями радикальной полимеризации виниловых мономеров, где повышение концентрации мономера увеличивает молекулярную массу образующихся полимеров.

Влияние pH среды на скорость полимеризации обусловлен изменением скорости инициирования при разной концентрации ионов водорода в реакционной массе.

Далее исследовали влияние варьирования соотношения мономеров на характеристики образцов. Соотношение $[AKNa]:[TMAEMC]$ меняли в пределах 2:8-8:2. Состав полученных сополимеров подтверждается данными ИК-Фурье спектроскопии, где соотношение интенсивностей полос подтверждает варьируемое соотношение мономеров в полиамфолите. В исследуемом диапазоне с увеличением доли акриловой кислоты в сополимере увеличивается характеристическая вязкость.

На основе проведенных лабораторных исследований были сформулированы условия получения растворов полиамфолитов в производственных условиях на реакторах различной мощности (160 – 6300) дм³. Воспроизводимость результатов оценивали по трем основным характеристикам; предельное число вязкости $[\eta]$ (дл/г), динамическая вязкость $\eta_{\text{дин}}$, Па•С, для 11%-ных водных растворов и удельная плотность ρ (г/см³)

растворов полиамфлитов. Таким образом, проведенные лабораторные исследования закономерностей радикальной сополимерзации акриловой кислоты и *ТМАЕМС* позволили получить полиамфолиты на промышленных установках различной мощности.

Далее были исследованы свойства синтезированных образцов линейных и пространственно сшитых полиамфолитов. В качестве исследуемых линейных образцов брали полиамфолиты одинакового состава с различной характеристической вязкостью $[\eta]$ 1– 1,5 дл/г, 2– 3,7 дл/г. Изoeлектрическая точка (ИЭТ) соответствует $pH \approx 6,1$, что говорит об отсутствии влияния молекулярной массы на ее положение. Положение ИЭТ исследовали для трех образцов полиамфолитов с соотношением мономеров $[AK]:[TMAEMC]$ 1:1, 6:4, 7:3, из полученных данных следует, что увеличение доли акриловой кислоты в полиамфолите смещает изoeлектрическую точку в кислую область.

Исследовано равновесное водопоглощение образцов различного состава от pH среды. Характер полученных кривых зависимости равновесного водопоглощения от pH можно объяснить электростатическим взаимодействием между заряженными звеньями в сополимере.

Проведена сравнительная оценка поведения линейных водорастворимых и пространственно сшитых образцов полиамфолитов в зависимости от ионной силы растворов. Ионная сила влияет схожим образом на число вязкости для линейных и равновесную степень водопоглощения для пространственно сшитых сополимеров одинакового состава. Число вязкости для линейных полиамфолитов и равновесная степень водопоглощения для пространственно сшитых падает с увеличением ионной силы в исследуемом диапазоне в $\sim 3,5$ раза.

Изучена стабильность полученных образцов полиамфолитов. При температуре 80 °С. Результаты экспериментов позволяют прогнозировать стабильность растворов полиамфолитов в течение длительного времени при комнатной температуре.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследованы закономерности радикальной сополимеризации акриловой кислоты, *ТМАЕМС* в концентрированных растворах. Показана возможность регулирования молекулярной массы с помощью изменения концентрации компонентов реакционной массы. Получены сополимеры заданного химического состава и молекулярными характеристиками в производственных условиях.

Изучено изменение удельной вязкости разбавленных водных растворов полиамфолитов в широком диапазоне $pH= 2-11$. По полученным данным определена изоэлектрическая точка для полиамфолитов разного состава. Изменение состава полиамфолита в диапазоне 1:1-7:3 $[AKNa]:[ТМАЕМС]$ смещает изоэлектрическую точку в кислую область.

Получены зависимости скорости седиментации суспензии меди от предельного числа вязкости полиамфолита и седиментация суспензии мела от pH , данные сопоставимы с кривыми ИЭТ.

Показано, что поведение гидрогелей (равновесное водопоглощение) аналогично зависимости удельной вязкости разбавленных растворов от pH и ионной силы.

Исследована термостабильность при $80^{\circ}C$ и морозостойкость растворов сополимеров. Выявлено, что характеристическая и динамическая вязкости не изменяются при воздействии высоких и низких температур.