

чению выхода 2- и 4-МП. Дальнейшее повышение температуры приводит к снижению синтеза этих соединений и при 380 °С их выход составляет соответственно 32 и 21%. Такая же закономерность наблюдается и при образовании высших азотсодержащих оснований. Во всех изученных интервалах температур выход ацетонитрила составляет примерно 5%. Конверсия КА после 320°С составляет 95-97%. Снижение выхода 2- и 4-МП с ростом температуры объясняется смолообразованием и деструкцией исходных и получаемых веществ.

Изучением влияния соотношения аммиака и кротоновой фракции на выход ПО в интервале их соотношений от 1:1 до 7:1 выявлено, что оптимальным является соотношение 3:1.

Продолжительность непрерывной работы ЦХА катализатора составляет 120-125 часов. После регенерации воздухом при 450-500 °С он полностью восстанавливает свою первоначальную активность.

Таким образом, исследование конденсации КА с аммиаком, а также кротоновой фракции-отхода производства АА (АО Навоиазот) с аммиаком показало, что эти процессы являются методами синтеза ПО из местного сырья. При этом утилизируется КА отход производства АА и образуется длч создания технология производства ПО являющие для получения ценных продуктов такие как пестицидов и ингибиторов коррозии металлов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдуллаев Т.А., Юсупова С.С., Икрамов А. Использование кротонового альдегида для защиты стали от сероводородной коррозии. // Экспресс-информация. Сер. коррозия и защита окружающей среды. М.: – 1985. – Вып. 9. – С. 7–10.

УДК 544.6.018.47-036.5

К. С. Ливонович, ст. науч. сотр., канд. хим. наук,
Т. Г. Шутова, вед. науч. сотр., канд. хим. наук
(ИХНМ НАН Беларуси, г. Минск);
А. С. Келер (БГУ, г. Минск)

ТУРБИДИМЕТРИЯ ВОДНЫХ СМЕСЕЙ КАРБОКСИМЕТИЛЦЕЛЛЮЛОЗЫ И ПРИВИТЫХ СОПОЛИМЕРОВ ХИТОЗАНА И ПОЛИЭТИЛЕНГЛИКОЛЯ

Полиэлектролит – полимер, в состав макромолекул которого входят группы, способные к ионизации в растворе. При смешении растворов противоположно заряженных полиэлектролитов, как правило, наблюдается спонтанное фазовое разделение из-за формирования аморфных гидратированных полиэлектролитных комплексов (ПЭК). Синтетические полимеры с высокой плотностью заряда имеют

тенденцию к формированию твердоподобных ПЭК с низким содержанием воды, тогда как биополимеры или синтетически модифицированные природные полимеры, имеющие более низкую плотность заряда, обычно образуют водорастворимые ПЭК. Во всех случаях процесс комплексообразования высвобождает противоионы, что является энтропийной движущей силой формирования ПЭК. Дополнительные специфические взаимодействия обеспечивают изменение энтальпии, которое обеспечивает прочность данных ассоциатов [1].

Модификация наночастиц полиэлектролитами и их производными активно исследуется с целью их возможного использования в медицине и биотехнологии [2]. Известно, что модификация синтетических полиэлектролитов цепями полиэтиленгликоля (ПЭГ) способствует формированию водорастворимых ПЭК [3], что имеет важное значение в разработке новых лекарственных форм пролонгированного действия. Целью работы являлось исследование процессов комплексообразования природных полиэлектролитов, хитозана и карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ), и влияния боковых цепей ПЭГ привитых сополимеров хитозана на растворимость ПЭК, формируемых на их основе. Концевые группы ПЭГ (M_w 5 кДа, Sigma Aldrich) модифицировали путём окисления дихроматом калия в кислой среде [4] с последующей активацией карбоновой кислоты N-гидроксисукцинимидом (Glenthams Science) в тетрагидрофуране [5]. Привитые сополимеры хитозана получали путем смешения 1,25 мл 2% раствора хитозана (ХД96, M_v 96 кДа, Glenthams Science) в 0,2 М уксусной кислоте (рН 5,8) и раствора активированного ПЭГ с концентрацией 100 мг/мл в ДМСО заданного объема. Плотность боковых цепей в сополимере варьировали путем изменения массового соотношения хитозана и ПЭГ в реакционной смеси. Смесь выдерживали 15 ч при комнатной температуре, после чего очищали с помощью диализа (MWCO 12,4 кДа) и лиофилизировали (Labconco, США). Получены сополимеры в массовом отношении хитозан:ПЭГ 1:1 (ХД-ПЭГ-1), 5:1 (ХД-ПЭГ-2), 15:1 (ХД-ПЭГ-3). Структуру сополимеров подтверждали ИК-спектроскопией и спектрофотометрическим титрованием [6].

Формирование ПЭК исследовали методом турбидиметрии. Растворы КМЦ (M_w 250 кДа, Sigma) и хитозана или его привитых сополимеров с концентрацией 0,1 мг/мл смешивали в заданном объемном отношении. Формирование полиэлектролитного комплекса подтверждали путем регистрации оптической плотности смесей при 250 нм (A_{250}) в зависимости от массовой доли КМЦ в ПЭК. Пиковое значение A_{250} , связанное с максимальным рассеянием света смесями хитозана и КМЦ, наблюдается при массовой доле КМЦ в ПЭК ($\omega_{\text{КМЦ}}$), равной 0,55 (Рис. 1). Полученное значение соответствует расчетному эквимоляр-

ному соотношению аминогрупп хитозана и карбоксильных групп КМЦ. Хотя турбидиметрия не является точной количественной мерой разделения фаз, поскольку пропускание света зависит от размера и состава дисперсной фазы, мутность смесей отражает степень разделения фаз при заданном соотношении полианион/поликатион в системе. Самая высокая мутность, как правило, наблюдается для мольной стехиометрии 1:1 заряженных групп.

Прививка цепей ПЭГ к аминогруппам хитозана в количестве до 5 % от общего числа первичных аминогрупп (ХД-ПЭГ-1) приводит к уменьшению массовой доли КМЦ, соответствующей максимальному значению оптической плотности при 250 нм, с 0,56 до 0,25. Для сополимеров с большой плотностью цепей (ХД-ПЭГ-2 и ХД-ПЭГ-3) формирование полиэлектролитного комплекса с КМЦ не наблюдается. Причиной этого является формирование водорастворимого ПЭК, протекающего без фазового разделения смеси. ПЭК, образованные одним большим линейным полиэлектролитом (КМЦ) и меньшими ионными блок-сополимерами (ХД-ПЭГ), можно охарактеризовать как стерически стабилизированные цилиндрические щетки с морфологией ядро-оболочка. Ядро этого комплекса состоит из нейтрализованных ионных цепей, а оболочка состоит из нейтральных гидрофильных блоков ПЭГ [3].

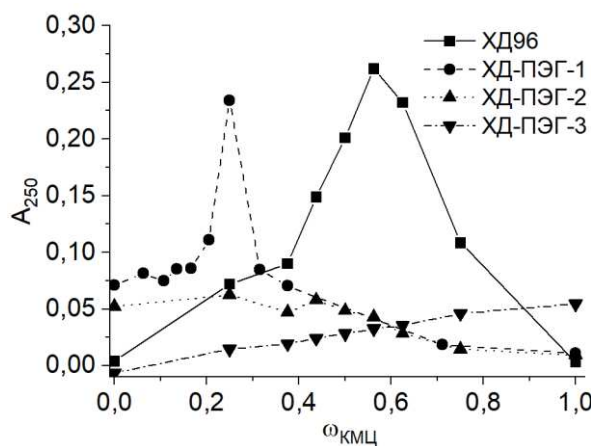


Рисунок 1 – Зависимость показаний оптической плотности при 250 нм (A_{250}) от массовой доли КМЦ ($\omega_{\text{КМЦ}}$) при смешении с растворами ХД96 или его привитыми сополимерами с ПЭГ

Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (грант № Х23РНФМ-048).

ЛИТЕРАТУРА

1. Sing C.E., Perry S.L. Recent progress in the science of complex coacervation // *Soft Matter*. – 2020. – V. 16, № 12. – P. 2885–2914.
2. Pahal S. et al. Polyelectrolyte multilayers for bio-applications: recent advancements // *IET Nanobiotechnology*. – 2017. – V. 11, № 8. – P. 903–908.

3. Shovsky A. et al. Formation and Stability of Water-Soluble, Molecular Polyelectrolyte Complexes: Effects of Charge Density, Mixing Ratio, and Polyelectrolyte Concentration // *Langmuir*. – 2009. – V. 25, № 11. – P. 6113–6121.
4. Fishman A., Acton A., Lee- Ruff E. A Simple Preparation of PEG- Carboxylates by Direct Oxidation // *Synthetic Communications*. – 2004. – Vol. 34, № 12. – P. 2309–2312.
5. Boccù E., Largajolli R., Veronese F.M. Coupling of Monomethoxypolyethyleneglycols to Proteins via Active Esters // *Zeitschrift für Naturforschung C*. – 1983. – V. 38, № 1–2. – P. 94–99.
6. Shutava T.G., Livanovich K.S., Sharamet A.A. Layer-by-layer films of polysaccharides modified with polyethylene glycol and dextran // *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. – 2019. – V. 173. – P. 412–420.

УДК 685.34.082

М. В. Шевцова, канд. техн. наук, доц.,
А. Н. Буркин, д-р техн. наук, проф.
(ВГТУ, г. Витебск)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВТОРИЧНЫХ ДРЕВЕСНЫХ РЕСУРСОВ И ОТХОДОВ ОБУВНОГО ПРОИЗВОДСТВА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

В настоящее время перед кожевенно-обувной промышленностью остро стоит вопрос поиска альтернативного качественного сырья для изготовления материалов для обуви, обладающих высокими эксплуатационными свойствами. Согласно Указу Президента Республики Беларусь №150 одним из приоритетных направлений научной, научно-технической и инновационной деятельности на 2021—2025 года является «Техника и технологии в сфере сбора, обезвреживания и использования отходов» [1]. Известно, что современные технологии переработки древесины на постсоветском пространстве позволяют всего лишь наполовину использовать биомассу дерева, превращая вторую половину в отходы. Проблема обращения с отходами относится к числу ключевых экологических и экономических проблем современности. Ее важность обусловлена тем, что они загрязняют окружающую среду, но в тоже время, как правило, содержат полезные вещества и материалы (вторичные ресурсы). Использование отходов в качестве вторичного сырья – это важная и экономическая необходимость, а рациональное использование местных ресурсов и отходов является важнейшим механизмом обеспечения роста конкурентоспособности выпускаемой продукции и импортозамещения.