

Научная статья
УДК 691.175

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА КИСЛОТНОГО ГИДРОЛИЗА АЦЕТАТА ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

**Кристина Алексеевна Усова¹, Алексей Евгеньевич Шкуро²,
Любим Николаевич Прытков³**

^{1, 2} Уральский государственный лесотехнический университет,
Екатеринбург, Россия

³ Уральский институт Государственной противопожарной службы МЧС
России, Екатеринбург, Россия

¹ usovaka@m.usfeu.ru

² shkuroae@m.usfeu.ru

³ prytkov.l.n@mail.ru

Аннотация. В работе рассматриваются вопросы возможности кислотного гидролиза ацетата целлюлозы с целью снижения его молекулярной массы с целью улучшения его технологических свойств и повышения биodeградируемости.

Ключевые слова: ацетат целлюлозы, кислотный гидролиз, ИК-спектроскопия

Для цитирования: Усова К. А., Шкуро А. Е., Прытков Л. Н. Исследование процесса кислотного гидролиза ацетата целлюлозы // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России = Scientific creativity of youth to the forest complex of Russia : материалы XXI Всероссийской (национальной) научно-технической конференции студентов и аспирантов. Екатеринбург : УГЛТУ, 2025. С. 972–976.

Original article

STUDY OF THE PROCESS OF ACID HYDROLYSIS OF CELLULOSE ACETATE

Kristina A. Usova¹, Alexey E. Shkuro², Lyubim N. Prytkov³

^{1, 2} Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia

³ The State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Ekaterinburg, Russia

¹ usovaka@m.usfeu.ru

² shkuroae@m.usfeu.ru

³ prytkov.l.n@mail.ru

Abstract. The paper examines the possibility of acid hydrolysis of cellulose acetate in order to reduce its molecular weight for improving its technological properties and increasing biodegradability.

Keywords: cellulose acetate, acid hydrolysis, IR spectroscopy

For citation: Usova K. A., Shkuro A. E., Prytkov L. N. (2025) Issledovanie protsessa kislotnogo gidroliza atsetata tsellyulozy [Study of the process of acid hydrolysis of cellulose acetate]. Nauchnoe tvorchestvo molodezhi – lesnomu kompleksu Rossii [Scientific creativity of youth to the forest complex of Russia] : proceedings of the XXI All-Russian (national) Scientific and Technical Conference of undergraduate and postgraduate students. Ekaterinburg : USFEU, 2025. Pp. 972–976. (In Russ).

В настоящее время ведутся исследования по разработке методов получения целлюлозы из быстрорастущих растений: бамбука, борщевика, тростника и другого лигноцеллюлозного сырья [1, 2]. Интерес к созданию биопластиков на основе химически модифицированной целлюлозы постоянно увеличивается. Перспективным является применение сложных эфиров целлюлозы в качестве возобновляемого сырья для производства биоразлагаемых композитов. Сегодня одним из самых распространенных в промышленности эфиров целлюлозы является ацетат целлюлозы (рис. 1). Ацетат целлюлозы (АЦ) используется для производства пластмасс (этролов), сигаретных фильтров, полупроницаемых мембран и кинофотопленки. Пластмассы производят на основе АЦ со степенью ацетилирования порядка 2,1...2,5 [3].

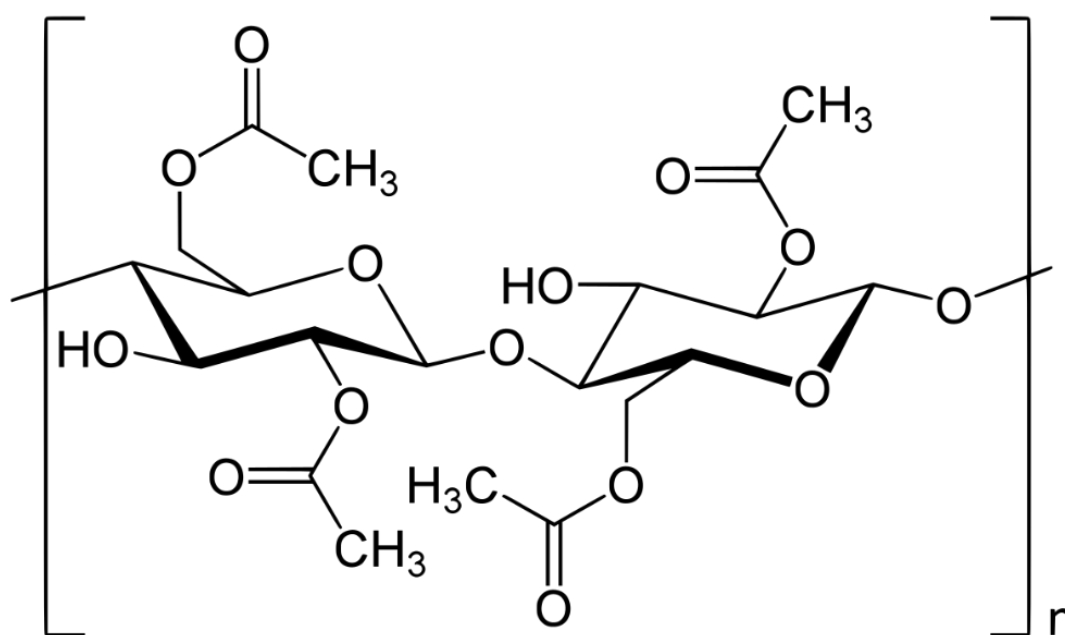


Рис. 1. Структурная формула диацетата целлюлозы

Пластмассы и композиты на основе АЦ демонстрируют высокий уровень физико-механических характеристик и значительный потенциал к биоразложению, скорость которого к тому же можно регулировать в широких пределах, изменяя компонентный состав материала и степень ацетилирования полимерной матрицы АЦ [3]. Однако по скорости биоразложения образцы АЦ и композитов на его основе несколько уступают аналогам, например, полилактиду (ПЛА). Для увеличения максимальной скорости биодеградации АЦ предлагается снизить его молекулярную массу методом кислотного гидролиза, путем разрушения гликозидных связей в цепях целлюлозы. Целью настоящей работы было исследование процесса кислотного гидролиза ацетата целлюлозы методом ИК-спектроскопии.

Кислотный гидролиз АЦ проводили по следующей методике. В трехгорлую круглодонную колбу, снабженную мешалкой, термометром и обратным холодильником, добавляли 75 г АЦ со степенью ацетилирования 2,41, затем приливали 650 г ледяной уксусной кислоты и помещали на водяную баню. После полного растворения отбиралась первая проба (АЦ-1) и в колбу вносили 1 мл концентрированной серной кислоты. Следующие пробы отбирались через 60 (АЦ-2), 120 (АЦ-3) и 180 (АЦ-4) мин после добавления кислоты. Гидролизат из отобранных проб высаживался в дистиллированной воде, отстаивался в течение 48 ч, а затем фильтровался с помощью воронки Бюхнера до достижения нейтральной окраски универсального индикатора. После этого продукты гидролиза высушивались до постоянной массы при температуре $(105 \pm 2) ^\circ\text{C}$, а затем измельчались и направлялись на анализ. ИК-спектроскопия продуктов кислотного гидролиза АЦ производилась на ИК-Фурье спектрометре ФСМ-2203. Спектры образцов приведены на рис. 2.

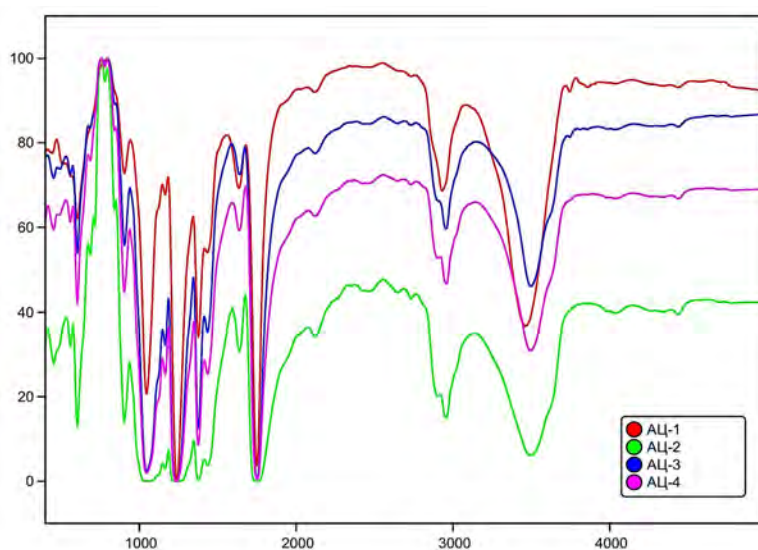


Рис. 2. ИК-спектры АЦ и продуктов его гидролиза:
АЦ-1 – проба взята после растворения ацетата; *АЦ-2* – после 60 мин гидролиза; *АЦ-3* – после 120 мин; *АЦ-4* – после 180 мин

В целом спектры образцов исходного и гидролизованного АЦ характеризуются практически одинаковыми частотами поглощения. Поэтому для анализа химических процессов, протекающих в процессе гидролиза, необходимо учитывать интенсивность (площадь) характеристических пиков (таблица).

Характеристические частоты поглощения и площадь соответствующих пиков

№	Частота максимума пика, см ⁻¹	Интерпретация (группа/класс)	Относительная площадь пика для образца			
			АЦ-1	АЦ-2	АЦ-3	АЦ-4
1	1239	С–О–С вал. асим. (прост. эфиры)	13,6	–	12,3	11,6
2	1749	С=О вал. (сложн. эфиры)	15,1	32,6	25,9	27,8
3	2930	С–Н комб. (альдегиды)	7,9	2,3	9,1	1,8
4	3460	О–Н вал. (спирты)	41,6	41,9	24,3	28,5

Площадь пика в области 1239 см⁻¹ в процессе гидролиза АЦ снижается, что свидетельствует об уменьшении количества простых эфирных связей (гликозидных) в составе гидролизатов в процессе реакции. Деструкцию цепей целлюлозы также подтверждает резкое снижение вязкости раствора АЦ в уксусной кислоте и рост растворимости конечного продукта в воде. Последнее положение обусловлено выделением большого числа низкомолекулярных водорастворимых олигосахаридов в процессе реакции.

В то же время, несмотря на снижение количества гликозидных связей, площадь пиков, характеризующих наличие в гидролизатах гидроксильных групп (3460 см⁻¹), так же снижается. При этом площадь пиков, характерных для соединений, содержащих карбоксильные и сложноэфирные группы (1749 см⁻¹), возрастает. Такие изменения интенсивности поглощения в рассматриваемой области спектра могут быть обусловлены реакциями этерификации незамещенных и новообразованных в процессе распада гликозидной связи гидроксильных групп с уксусной кислотой, в среде которой протекает реакция гидролиза. Серная кислота в данном случае выступает в качестве катализатора реакции этерификации. Увеличение степени ацетилирования продуктов гидролиза является нежелательным, так как при высоких степенях замещения кислотные остатки уксусной кислоты создают препятствия для ферментов, способствующих разложению АЦ. Вследствие этого целесообразным представляется проведение реакции кислотного гидролиза АЦ в среде ацетона.

Список источников

1. Материалы из нетрадиционных видов волокон и сопутствующие продукты: технологии получения, свойства, перспективы применения : монография / А. В. Вураско, А. В. Артемов, М. А. Агеев [и др.]. Екатеринбург : Уральский государственный лесотехнический университет, 2024. 195 с.

2. Материалы из нетрадиционных видов волокон: технологии получения, свойства, перспективы применения : монография / Е. Г. Смирнова, Е. М. Лоцманова, Н. М. Журавлева [и др.]. Екатеринбург : УГЛТУ, 2020. 252 с.

3. Получение биокomпозитов с полимерной фазой пластифицированных ацетатов целлюлозы с различной степенью ацетилирования / А. Е. Шкуро, В. В. Глухих, К. А. Усова [и др.] // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2023. № 4 (394). С. 155–168.