

Научная статья  
УДК 691.175

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ СОСТАВА  
АЦЕТАТ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ – МЕТИЛЕНДИФЕНИЛДИИЗОЦИАНАТ  
МЕТОДОМ ИК-СПЕКТРОСКОПИИ**

**Алексей Евгеньевич Шкуро<sup>1</sup>, Дарья Валерьевна Захарова<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup> Уральский государственный лесотехнический университет,  
Екатеринбург, Россия

<sup>1</sup> shkuroae@m.usfeu.ru

<sup>2</sup> dariyazharova9@gmail.com

**Аннотация.** Серия образцов полимерных композиций была получена конденсацией ацетата целлюлозы с метилендифенилдиизоцианатом. Полученные образцы были исследованы методом ИК-спектроскопии нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО).

**Ключевые слова:** ацетат целлюлозы, метилендифенилдиизоцианат, МДИ, полиуретан, ИК-спектроскопия

**Для цитирования:** Шкуро А. Е., Захарова Д. В. Исследование полимерных композиций состава ацетат целлюлозы – метилендифенилдиизоцианат методом ИК-спектроскопии // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVI Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2025. С. 515–520.

Original article

**STUDY OF POLYMER COMPOSITIONS OF THE COMPOSITION  
CELLULOSE ACETATE – METHYLENE DIPHENYL DIISOCYANATE  
BY IR SPECTROSCOPY**

**Aleksey E. Shkuro<sup>1</sup>, Daria V. Zakharova<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup> Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia

<sup>1</sup> shkuroae@m.usfeu.ru

<sup>2</sup> dariyazharova9@gmail.com

**Abstract.** A series of polymer composite samples were obtained by condensation of cellulose acetate with methylene diphenyl diisocyanate. The resulting samples were studied by attenuated total reflection (ATR) IR spectroscopy.

**Keywords:** cellulose acetate, methylene diphenyl diisocyanate, MDI, polyurethane, IR spectroscopy

**For citation:** Shkuro A. E., Zakharova D. V. (2025) Issledovanie polimerny'x kompozicij sostava acetat cellyulozy – metilendifenildiizocianat metodom IK-spektroskopii [Study of polymer compositions of the composition cellulose acetate – methylene diphenyl diisocyanate by IR spectroscopy]. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies] : proceedings of the XVI International Scientific and Technical Conference. Ekaterinburg : USFEU, 2025. P. 515–520. (In Russ).

Прогресс в области производства полиуретанов проявляется в использовании биологических полиолов растительного происхождения [1]. Таким полиолом является целлюлоза – самый распространённый полимерный материал в мире. Целлюлоза обладает высоким уровнем механических свойств. Однако существует ряд препятствий для использования целлюлозы в качестве сырья для получения полиуретанов. Главным недостатком целлюлозы является трудность ее растворения, необходимого для последующего совмещения с изоцианатами согласно классической технологии получения полиуретанов. Кроме того, на одно составное повторяющееся звено (СПЗ) макромолекулы целлюлозы приходится три гидроксильные группы, способные конденсироваться с изоцианатными группами. Такое обилие реакционноспособных групп требует повышенного расхода изоцианатного компонента и может продуцировать образование трехмерной сшитой структуры с излишней частотой сетки, что в свою очередь может приводить к ухудшению эксплуатационных свойств материала. Эффективным решением этих проблем может стать использование продуктов химической модификации целлюлозы – ее эфиров. Известно, что благодаря введению в состав целлюлозы полярных спиртовых и кислотных групп, она приобретает способность к растворению в ацетоне, уксусной кислоте и даже воде [2]. Кроме того, эфирные группы, образующиеся на месте гидроксильных, как правило, не вступают в реакцию с изоцианатами.

Целью работы является получение образцов полимерных композиций на основе ацетата целлюлозы и метилендифенилдиизоцианата, изучение химической структуры полученных образцов методом ИК-спектроскопии нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО).

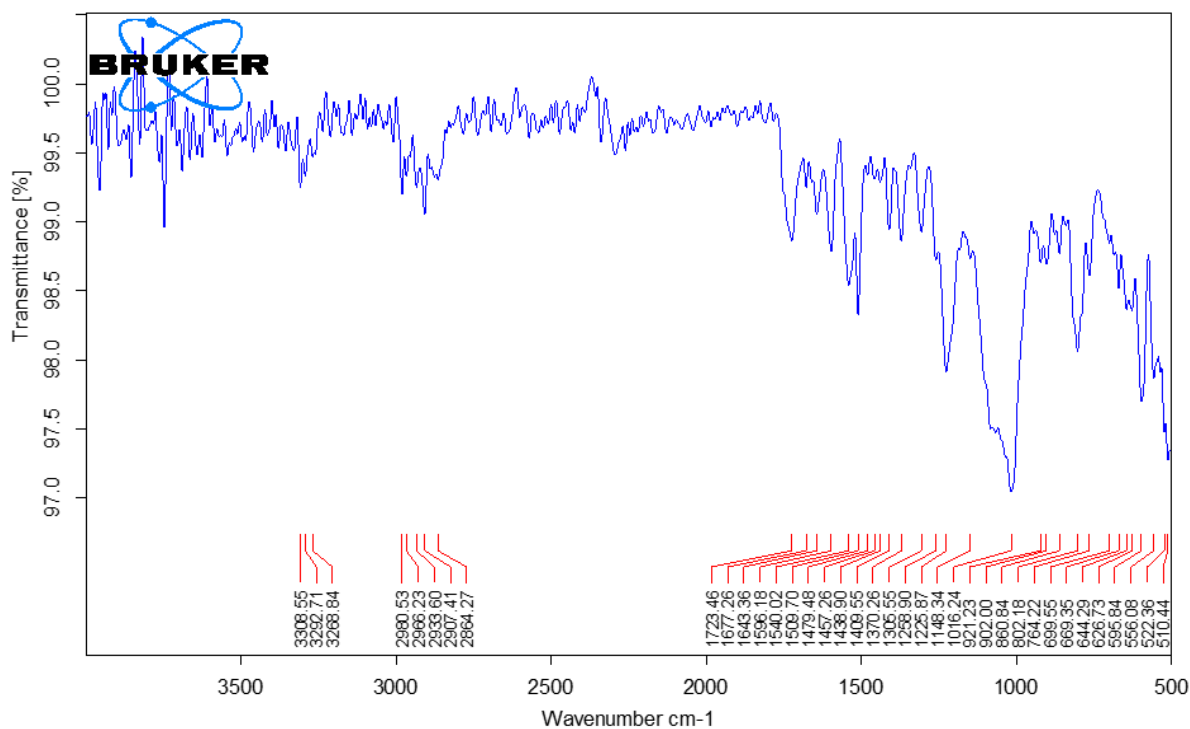
Для получения полимерных композиций использовались следующие реактивы: метилендифенилдиизоцианата (МДИ) марки Wannate 8310, ацетат целлюлозы (ТУ 6-05-943–75) со степенью замещения гидроксильных звеньев 2,5 и ацетон (ГОСТ 2768–84). Рецептуры композиций приведены в табл. 1.

Таблица 1

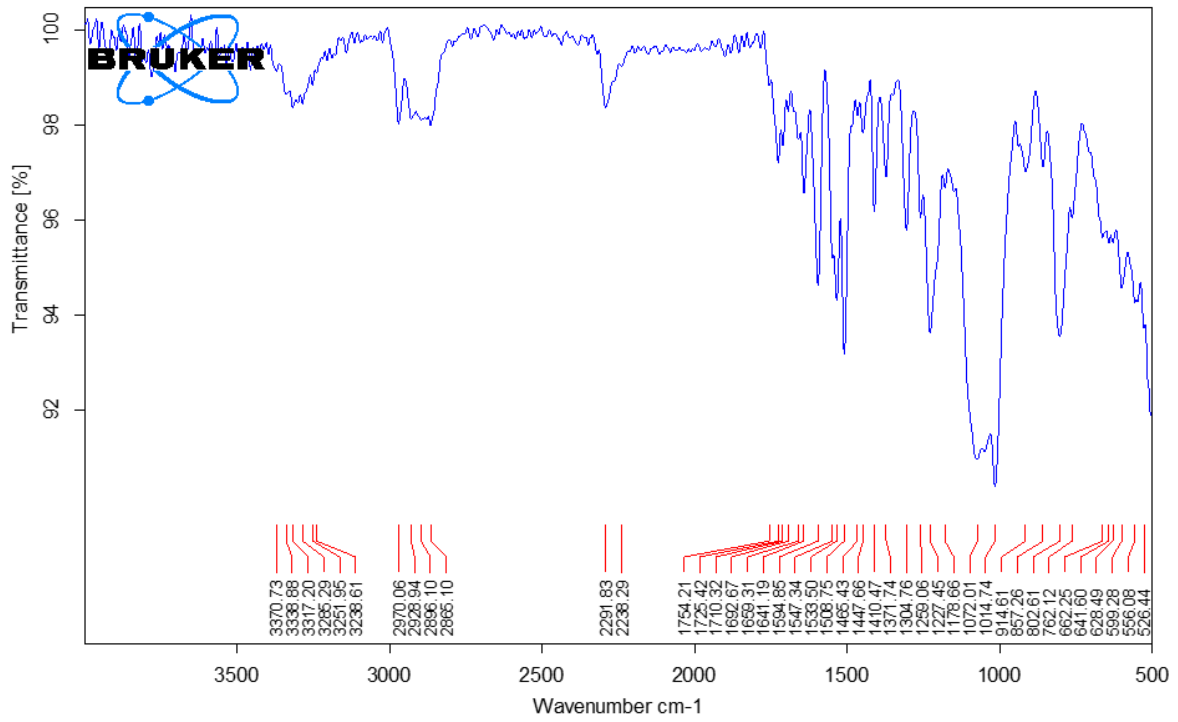
Рецептуры исследованных полимерных композиций

№ Опыта	Содержание компонента, мас. %			Массовое соотношение АЦ к МДИ
	АЦ	МДИ	Ацетон	
1	17,7	11,3	70,9	1,6
2	18,5	7,4	74,1	2,5
3	21,4	7,1	71,4	3,0

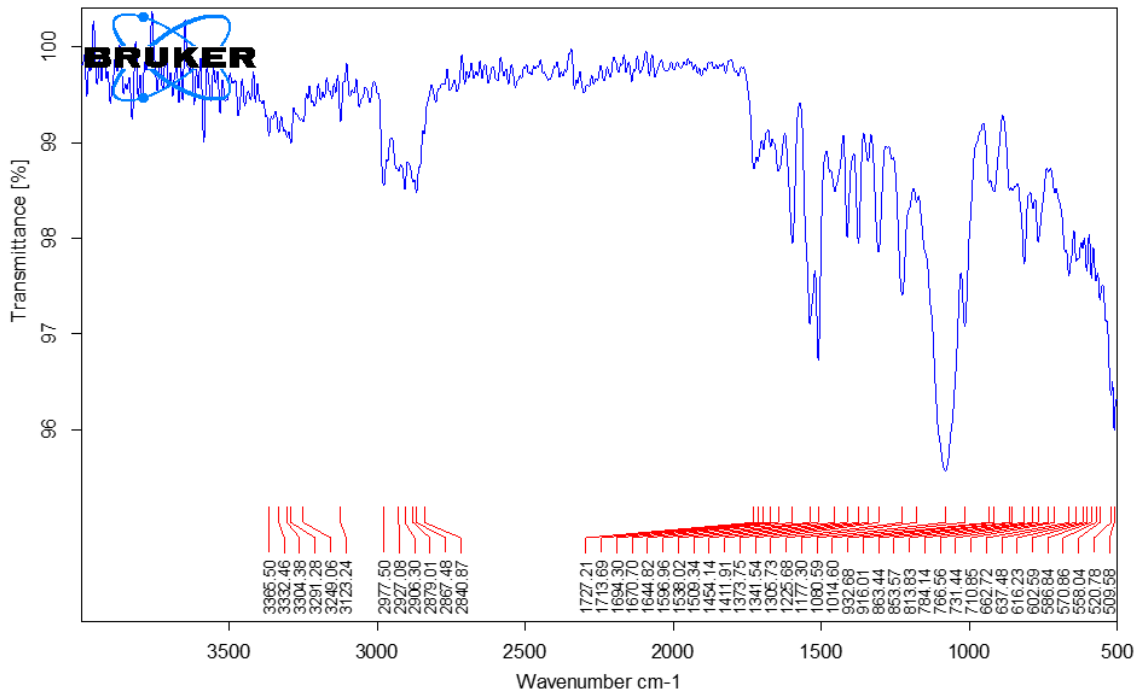
Композиции получали следующим образом: в ацетон при непрерывном перемешивании по частям добавлялось требуемое количество ацетата целлюлозы; перемешивание продолжалось до полного растворения ацетата. Затем в раствор добавлялось необходимое количество МДИ. После перемешивания композиция переливалась в силиконовую форму и подвергалась сушке при комнатной температуре в течение трёх суток. После этого образцы извлекались из формы и направлялись на доотверждение в сушильный шкаф, нагретый до температуры 130 °С, продолжительность этой стадии составляла 2 ч. Исследование полученных композиций проводили с помощью ИК-Фурье спектрометра Alpha (Bruker) по ГОСТ Р 57939–2017 «Композиты полимерные. Инфракрасная спектроскопия». Результаты проведенного анализа приведены на рисунке и в табл. 2.



a



*б*



*в*

ИК-спектры образцов полиуретанов:  
*a* – образец № 1; *б* – образец № 2; *в* – образец № 3

Таблица 2

## Интенсивность характеристических пиков

№ опыта	Интенсивность полосы светопропускания (%) в области			
	3300 см <sup>-1</sup>	1510 см <sup>-1</sup>	1725 см <sup>-1</sup>	1075 см <sup>-1</sup>
1	99,3	98,4	98,9	97,0
2	98,4	93,2	97,2	90,3
3	98,9	97,0	98,7	95,6

Образование полиуретанов в результате поликонденсации АЦ и МДИ подтверждается наличием в ИК-спектрах продуктов реакции пиков в областях 1510, 1725, 1075 и 3300 см<sup>-1</sup>, свидетельствующих о наличии в веществе следующих функциональных групп: вторичной аминогруппы, амидной, уретановой и сложноэфирной [3, 4]. Наибольшая интенсивность поглощения в областях характеристических пиков достигается при массовом соотношении АЦ к МДИ 2,5 : 1 (опыт № 2), что свидетельствует о предположительно большем количестве образующихся уретановых групп при этой пропорции между количеством реагентов.

*Список источников*

1. Получение, свойства и применение полиуретанов, модифицированных добавками растительного происхождения (обзор) / А. Е. Шкуро, А. А. Протазанов, И. Г. Первова [и др.] // Вестник Технологического университета. 2024. Т. 27, № 5. С. 105–111. DOI: 10.55421/1998-7072\_2024\_27\_5\_105.

2. Ровкина Н. М., Ляпков А. А. Полимеры на основе целлюлозы и ее производных : учебное пособие. М. : ООО «Русайнс», 2024. 168 с.

3. Купцов А. Х., Жижин Г. Н. Фурье-КР и Фурье-ИК спектры полимеров. Москва : Рекламно-издательский центр «Техносфера», 2013. 696 с. (Мир химии).

4. Martín-Martínez M., Martín-Martínez J. M. Viscoelastic and Adhesion Properties of New Poly(Ether-Urethane) Pressure-Sensitive Adhesives // Front. Mech. Eng. 2020. Vol. 6. DOI: 10.3389/fmech.2020.00034.

*References*

1. Production, properties and application of polyurethanes modified with additives of plant origin (review) / A. E. Shkuro, A. A. Protazanov, I. G. Pervova [et al.] // Bulletin of the Technological University. 2024. Vol. 27, № 5. P. 105–111. DOI: 10.55421/1998-7072\_2024\_27\_5\_105.

2. Rovkina N. M., Lyapkov A. A. Polymers based on cellulose and its derivatives: A tutorial. Moscow : Russian Limited Liability Company, 2024. 168 p.

3. Kuptsov A. Kh., Zhizhin G. N. Fourier-Raman and Fourier-IR spectra of polymers. Moscow : Advertising and Publishing Center «Technosphere», 2013. 696 p. (World of Chemistry).

4. Martín-Martínez M., Martín-Martínez J. M. Viscoelastic and Adhesion Properties of New Poly(Ether-Urethane) Pressure-Sensitive Adhesives // Front. Mech. Eng. 2020. Vol. 6. DOI: 10.3389/fmech.2020.00034.