

Научная статья
УДК 676.1:543.42

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОБЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОНАМИ НА ЛИНЕЙНОМ УСКОРИТЕЛЕ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ КОНОПЛИ ТЕХНИЧЕСКОЙ

Егор Константинович Мусихин¹, Екатерина Константиновна
Гасилова², Руслан Альбертович Вазиров³, Татьяна Ивановна Маслакова⁴

^{1, 4} Уральский государственный лесотехнический университет,
Екатеринбург, Россия

^{2, 3} Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия

¹ chief.musikhon2013@yandex.ru

² Ekaterina.Gasilova@urfu.me

³ ruslan.vazirov@urfu.ru

⁴ maslakovati@m.usfeu.ru

Аннотация. В данной работе исследуется влияние облучения линейным ускорителем электронов на продукты переработки технической конопли – костры и волокна. Облучение электронными пучками приводит к изменениям в структуре молекул этих материалов, что подтверждается анализом АТР-спектров в диапазоне 400...4000 см⁻¹.

Ключевые слова: продукты переработки конопли, линейный ускоритель электронов, ИК-спектроскопия, волокно, костра

Для цитирования: Исследование влияния облучения электронами на линейном ускорителе продуктов переработки конопли технической / Е. К. Мусихин, Е. К. Гасилова, Р. А. Вазиров, Т. И. Маслакова // 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. 931–935.

Original article

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF ELECTRON BEAM IRRADIATION FROM A LINEAR ACCELERATOR ON INDUSTRIAL HEMP PROCESSING WASTE

Egor K. Musikhin¹, Ekaterina K. Gasilova², Ruslan A. Vazirov³,
Tatyana I. Maslakova⁴

^{1, 4} Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia

^{2, 3} Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

¹ chief.musikhon2013@yandex.ru

² Ekaterina.Gasilova@urfu.me

³ ruslan.vazirov@urfu.ru

⁴ maslakovati@m.usfeu.ru

Abstract. This study investigates the effect of electron beam irradiation from a linear accelerator on the processing products of industrial hemp – hurds and fibers. Irradiation with electron beams leads to changes in the molecular structure of these materials, which is confirmed by the analysis of ATR spectra in the range of 400 to 4000 cm⁻¹.

Keywords: waste from hemp processing, linear electron accelerator, IR spectroscopy, fiber, hurds

For citation: Issledovanie vliyaniya oblucheniya elektronami na lineynom uskoritele produktov pererabotki konopli tekhnicheskoy [Investigation of the effect of electron beam irradiation from a linear accelerator on industrial hemp processing waste] (2025) E. K. Musikhin, E. K. Gasilova, R. A. Vazirov, T. I. Maslakova. 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. 931–935. (In Russ).

Линейные ускорители электронов производят облучение материалов и объектов электронным пучком, которые способны взаимодействовать с молекулами материалов на атомном и молекулярном уровнях. Такое воздействие приводит к ионизации и разрушению химических связей в молекулах, что особенно важно при исследовании устойчивости полимерных материалов, таких как целлюлоза и лигнин.

Целью данной работы является исследование влияния облучения линейным ускорителем электронов продуктов переработки технической конопли – костры и волокна методом АТР-спектроскопии в диапазоне 400...4000 см⁻¹. Для исследования были взяты образцы волокна и костры, как продукты переработки конопли технической. Компонентный состав сырья представлен в таблице [1].

Облучение образцов проводилось на линейном ускорителе электронов с энергией 10 МэВ. Опытная группа подвергалась облучению с поглощенной дозой равной $(30,9 \pm 2,1)$ кГр.

Компонентный состав продуктов переработки конопли технической

Показатели, % от массы абсолютно сухого сырья (а. с. с.)	Конопля техническая	
	Волокно	Костра
Массовая доля экстрактивных веществ, растворимых: – в ацетоне; – в горячей воде	0,4 ± 0,5 5,6 ± 0,5	1,2 ± 0,5 3,3 ± 0,5
Массовая доля лигнина (ГОСТ 11960)	6,6 ± 0,2	25,5 ± 0,2
Массовая доля золы (ГОСТ 18461)	2,3 ± 0,1	1,6 ± 0,1
Массовая доля целлюлозы Кюршнера-Хоффера	68,3 ± 1,0	40,3 ± 1,0

Анализ поверхности исходных и облученных образцов костры и волокна технической конопли был проведен с использованием спектроскопии диффузного отражения в диапазоне 400...4000 см⁻¹ на ИК-Фурье спектрометре IRAffinity-1 (SHIMADZU, Япония) с разрешением 4 см⁻¹.

ATR-спектры в диапазоне 400...4000 см⁻¹ костры конопли до и после облучения представлены на рис. 1.

Из рис. 1 видно, что в диапазоне 3375...3275 см⁻¹ присутствует полоса поглощения, которая соответствует колебаниям гидроксильных группировок (ОН), характерных для протогенных групп в молекуле [2].

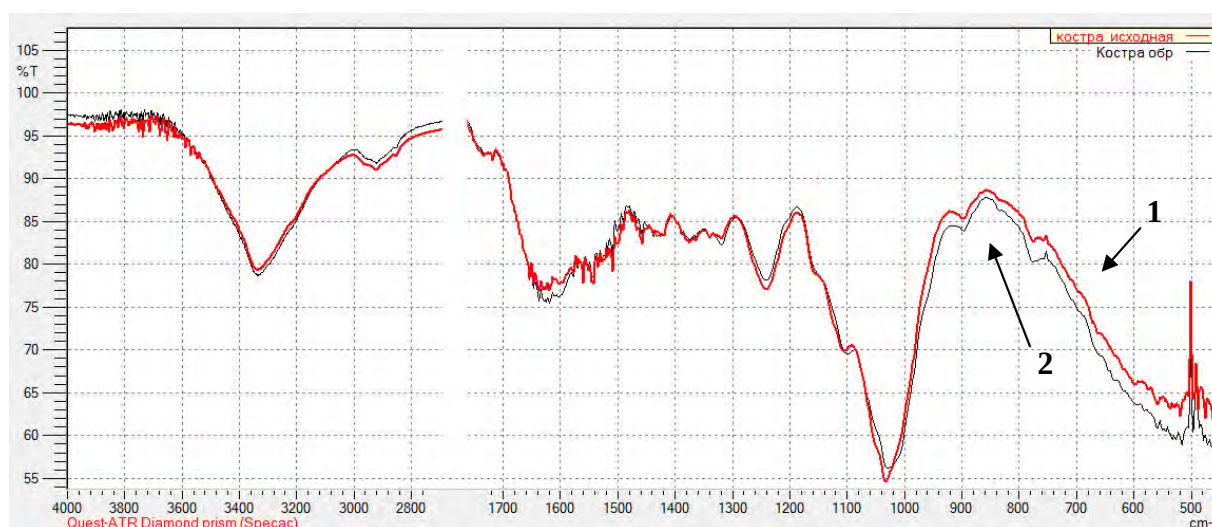


Рис. 1. ИК-Фурье спектры диффузного отражения костры конопли:

1 – исходный образец; 2 – облученный образец

Анализ ATR-спектров облученных образцов костры технической конопли показал, что наблюдаются лишь незначительные изменения в области отпечатков пальцев (400...1500 см⁻¹), которые связаны с деформационными и валентными колебаниями химических связей [2].

Полученные ИК спектры исходного и облученного волокна технической конопли представлены на рис. 2.

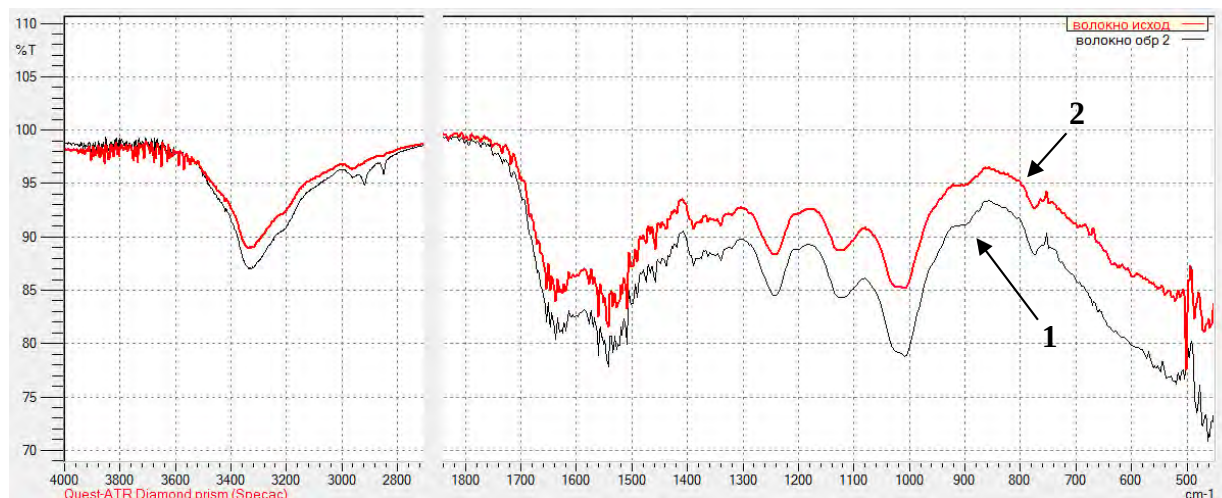


Рис. 2. ИК-Фурье спектры диффузного отражения волокна конопли:

1 – облученный образец; 2 – исходный образец

В отличие от облученных образцов костры у образцов волокна конопли технической после обработки в ATR-спектрах появляются новые полосы в диапазоне $2940 \dots 2830 \text{ см}^{-1}$, отсутствующие у исходного волокна, что свидетельствует о формировании новых C–H (sp^3) связей. Это может быть результатом структурных изменений молекул, приводящих к образованию углеводородных структур.

Деформационные колебания C–H связей в ароматических кольцах в диапазоне $1515 \dots 1505 \text{ см}^{-1}$ также могут свидетельствовать об образовании новых молекул с ароматическими или ненасыщенными углеродными цепями. Кроме того, следует отметить, что в ATR-спектрах облученных образцов волокна конопли технической наблюдают полосы в диапазоне $1660 \dots 1650 \text{ см}^{-1}$, связанные с валентными колебаниями C=O группы, реализованных в хиноидных структурах [3].

В результате облучения на линейном ускорителе электронов костры технической конопли наблюдаются незначительные изменения в структуре молекул, в основном в области «отпечатков пальцев», в то время как при обработке волокна технической конопли наблюдаются значительные изменения в ATR-спектрах, что свидетельствует о химической модификации этих материалов. Облучение образцов линейным ускорителем электронов приводит к изменениям в структуре молекул и образованию новых функциональных групп, что имеет важное значение для их устойчивости и возможности переработки продуктов конопли технической, включая процессы делигнификации при получении целлюлозы.

Список источников

1. Вураско А. В., Шерстобитов А. Л., Кривоногов П. С. Получение целлюлозы окислительно- органосольвентным способом из отходов переработки конопли технической // Химия. Экология. Урбанистика. 2023. Т. 3. С. 206–210.
2. Азаров В. И., Буров А. В., Оболенская А. В. Химия древесины и синтетических полимеров : учебник для вузов. СПб. : СПбЛТА, 1999. 628 с.
3. Методы исследования древесины и ее производных : учебное пособие / Н. Г. Базарнова, Е. В. Карпова, И. Б. Катраков [и др.]. Барнаул : Изд-во Алт. гос. Ун-та, 2002. 160 с.