

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЗИТРОННОЙ СПЕКТРОСКОПИИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ПРИРОДНЫХ ПОЛИМЕРОВ

ЦУЙ ЦЗЯН, Р.С. ЛАПТЕВ, К.П. АРЕФЬЕВ

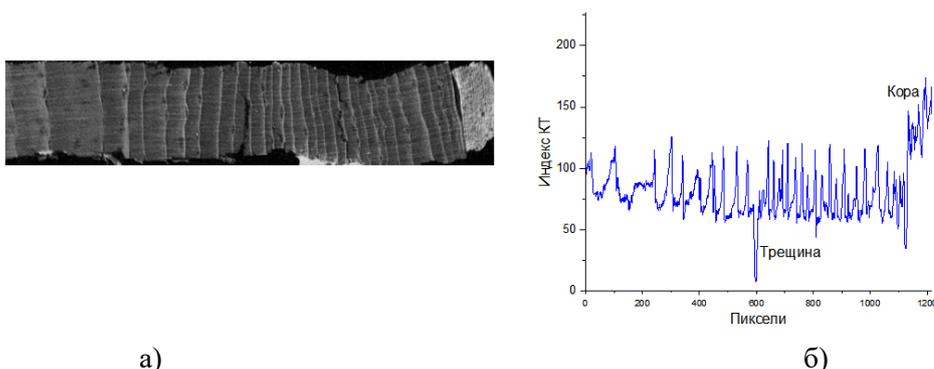
Национальный исследовательский Томский политехнический университет

E-mail: ttszyan@mail.ru

Введение. Возможности методов позитронной аннигиляционной спектроскопии (ПАС) и компьютерной рентгеновской томографии (КТ) при послойном исследовании характеристик древесины сосны кедровой. Позитронная аннигиляционная спектроскопия (ПАС) и компьютерная рентгеновская томография (КТ) представляют собой современные методы изучения структуры и дефектоскопии вещества. Характеристики годичных колец могут быть индикаторами состояния как окружающей среды так и самого дерева. Существуют и разрабатываются новые методы, позволяющие получать информацию об условиях произрастания деревьев и проводить ретроспективный анализ изменений климата. Рентгеновский томографический метод отличается высокой точностью измерений (сканирование объекта с разрешением $6 \div 180 \mu\text{m}$). Метод ПАС позволяет оценить пористость древесины на клеточном уровне (размеры пор в древесине $0,47 \div 0,73 \text{ nm}$). Метод ПАС используется для изучения молекулярных характеристик полимеров и композитов на их основе.

Дальнейшие цели: выявить и датировать изменения древесины клеточных стенок в растущем дереве для твердотельной, жидкой и газовой составляющих древесины. Данные могут использоваться для задач дендроклиматологии и биометеорологии [1, 2].

Результаты КТ измерений. Было показано, что не все породы деревьев подходят для сканирования. Например, рентгеновские изображения осины отличает низкая контрастность. В то же время сосна и кедр имеют контрастные границы перехода из одной стадии роста годичного кольца в другую, обеспечивая сканирование с высокой контрастностью. При высоком разрешении ($\leq 6 \mu\text{m}$) возможно оценить толщину и плотность клеточной стенки образца. Оцифровка изображений и определение плотности годичных колец в настоящее время не представляет особых трудностей (рис. 1).



а) Рисунок 1 – КТ измерения кедрового ядра 2 категории виталитета
а) изображения одного из сечений ядра на томографе; б) Оцифровка усредненного сечения ядра. Данные по плотности годичных колец с относительных единиц.

Результаты ПАС измерений

Из полученных методом ПАС данных было выделено 3 компоненты: 1 короткоживущая $\tau_1 = 373,4 \pm 0,2 \text{ ps}$ и 2 долгоживущие, $\tau_2 = 1494,3 \pm 4,1 \text{ ps}$, $\tau_3 = 2757,5 \pm 23,8 \text{ ps}$. (Рис. 2)

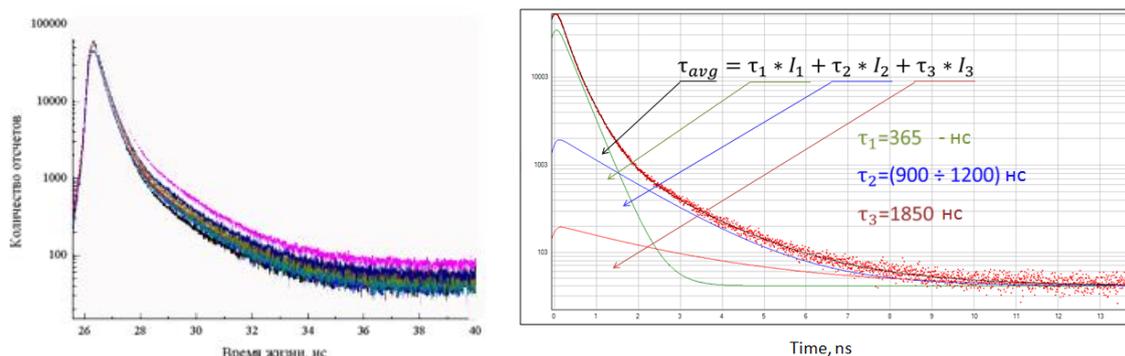


Рисунок 2 – Результаты эксперимента ПАС

Первую компоненту можно связать с аннигиляцией позитронов в твердом теле. Имеющиеся работы в этом направлении связывают интенсивность короткоживущей компоненты (τ_1 время жизни позитрона в свободном состоянии) с интенсивностью аннигиляции позитрона Ps в углеродосодержащих молекулах.

По известным литературным данным компонента τ_2 ассоциируется с орто-позитронием в жидкостях (вода и смолы), заполняющими пространства древесной матрицы и внутриклеточные поры.

Заключение.

Использование метода ПАС позволяет оценить плотность клеточной стенки древесины, соотношение фазовых компонент и ее пористость. Методы КТ и ПАС относятся к методам неразрушающего контроля и имеют высокую точность измерений. Результаты измерений обоими методами позволяют получить более полное представление о структуре и характеристиках древесины.

Список литературы

1. X-ray imaging and computed tomography of conifer tree rings for climatological purposes / Bondarenko, S.L., Batranin, A.V., Smirnov, S.V., Stuchebrov, S.G. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2018, Vol. 211(1): Environmental Observations, Modeling and Information Systems: ENVIROMIS-2018, 012044.
2. Арефьев К.П., Бондаренко А.Л., Бондаренко С.Л., Лидер А.М., Лаптев Р.С., Бордулев Ю.С., Михайлов А.А. Позитронная спектроскопия древесной структуры сосны сибирской кедровой // Известия вузов. Физика, 2014. Т. 57, № 11/12. С. 261–266.