

## ПРИМЕНЕНИЕ ПОЗИТРОННОЙ СПЕКТРОСКОПИИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ПРИРОДНЫХ ПОЛИМЕРОВ

Цуй Цзян, Р.С. Лаптев, К.П. Арефьев

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: [tszyan@mail.ru](mailto:tszyan@mail.ru)

**Введение.** Хвойные деревья в лесу подвержены влиянию множества факторов, вызывающих не только полезные изменения (годовой прирост), но и приводящие к порокам структуры и цельности тканей древесины. Многочисленные дефекты могут повлиять на жизнестойкость дерева, и оно может не выдержать разрушительного действия аномальных явлений природы (сели, лавины, ураганы). Взрослые деревья способны выдержать напор стихии, но при этом структура годовых колец претерпевает изменения, отслеживаемые в дендрохронологических характеристиках (плотность, ширина кольца и др.). В различных работах приводится обзор дефектоскопических методов по аномалиям отражённого или прошедшего через образец сигнала. В качестве порока древесины рассматриваются неоднородности, выделяющиеся на поверхности или в массиве древесины. Позитронная аннигиляционная спектроскопия (ПАС) и компьютерная рентгеновская томография (КТ) представляют собой современные методы изучения структуры и дефектоскопии вещества. Рентгеновская томография используется достаточно широко, в частности для визуализации структуры образцов в исследованиях другими методами. Метод ПАС используется для изучения молекулярных характеристик полимеров и композитов на их основе, для изучения характеристик микрофибрилл целлюлозы, углеродного волокна и смол, для дендроклиматологических исследований в отличие от метода КТ ранее не применялся [1,2].

В настоящее время базы данных International Tree Ring Data пополнились новыми дендрохронологическими данными о структуре годовых колец. Цель экспериментальных исследований древесины высокотехнологическими методами – поиск структурных параметров древесины, содержащие отклики на изменения окружающей среды.

**Методы и результаты измерений.** В качестве объекта исследования был выбран спил столетнего сибирского кедра, с древесиной без видимых глазом дефектов. Дерево произрастало в кедровнике Томской области (56°25' с. ш. 84°57' в. д., д. Трубачево). Спил хранился в помещении несколько лет. Поэтому влажность образца составила 8-12% (древесина комнатно-сухой влажности, долгое время находившаяся в отапливаемом помещении). Часть спила в виде кубиков 2\*2 см<sup>3</sup>, вырезанных из образца древесины и датированная от коры с шагом в среднем 5 лет, исследовалась методом ПАС, образцы другого распила и один из кубиков (N8) – методом КТ.



Рис. 1. Образцы древесины

### КТ измерения

Метод компьютерной рентгеновской томографии – математическая реконструкция внутренней трехмерной структуры объекта исследования на основе измерений поглощения рентгеновского излучения при многократном облучении объекта в разных пересекающихся областях. Поглощение излучения в веществе зависит от его плотности. Для визуальной и количественной оценки рентгеновской плотности  $R$ , используется шкала в единицах Хаунсфилда (HU) показывающая степень ослабления излучения в материалах. Шкала показывает отношение ослабления излучения в воздухе и в дистиллированной воде, плотность рентгеновских лучей в средах соответственно равны 0 и 1000 HU, при стандартном давлении и температуре. Рентгеновская плотность определяется по уравнению (1):

$$R = 1000 \frac{\mu - \mu_{water}}{\mu_{water} - \mu_{air}},$$

$\mu$  являются линейными коэффициентами ослабления для материала, воды и воздуха в нормальных условиях. Отрицательные значения  $R$  указывают вещества с меньшей плотностью по сравнению к воде, и положительные значения  $R$  относятся к более высокой плотности. Плотность рентгеновского излучения древесины зависит как от типа древесины, так и от физического состояния образца с определенными значениями температуры и влажности. Чтобы определить физическую плотность образцов древесины на основе результатов ХСТ выполняется калибровка измерений с помощью томографического сканирования эталонного образца древесины с известной плотностью [3,4].

### Обсуждение результатов.

Ряд исследований позитронной аннигиляции в углеродосодержащих материалах показал существование короткоживущей компоненты со средним временем жизни от 350 до 400 пс. Интенсивность аннигиляции позитронов в углеродных волокнах (целлюлозе клеточных стенок древесины) и твердом растворе, пронизывающем волокно (лигнине) пропорциональна электронной плотности материала, в то время как прямая связь между временем жизни позитронов и размером пор позволяет оценить пористость вещества [5].

Заключение. Таким образом, ПАС является перспективным методом неразрушающего контроля структуры материалов, применяющимся в разных отраслях науки и техники.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Szimani R., McDonald K. Defect detection in lumber: state of the art // Forest Products Journal – 1981. – Vol.31. - No11. – pp.34-44
2. Задраускайте Н.О. Классификация пороков древесины как объектов для систем идентификации. Электронный научный журнал. 2015. № 3 (3). С. 53-58
3. В.И. Графутин, Е.П. Прокопьев. Применение позитронной аннигиляционной спектроскопии для изучения строения вещества.
4. Bondarenko, S. L., Batranin, A. V., Smirnov, S. V. & Stuchebrov, S. G., X-ray imaging and computed tomography of conifer tree rings for climatological purposes. 2018, В: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 211, 1, 012044
5. Биоиндикация стратосферного озона // Под общей ред. В. В. Зуева; Рос. акад. наук, Сиб. отд., Институт оптики атмосферы [и др.]. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2006. – 228 с.