

**ПРИМЕНЕНИЕ ПОЗИТРОННОЙ СПЕКТРОСКОПИИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ  
СТРУКТУРЫ ПРИРОДНЫХ ПОЛИМЕРОВ НА ПРИМЕРЕ СОСНЫ СИБИРСКОЙ  
КЕДРОВОЙ**

Цуй Цзян, Р.С. Лаптев, Ю.С. Бордулев

Научный руководитель: профессор, д.ф.-м.н. К.П. Арефьев

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

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

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

**APPLICATION OF POSITRON SPECTROSCOPY FOR INVESTIGATION OF THE NATURAL  
POLYMERS STRUCTURE ON THE EXAMPLE OF SIBERIAN PINE**

Cui Jian, R.S. Laptev, Yu.S. Bordulev

Scientific Supervisor: Prof., Dr. K.P. Arefiev

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

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

***Abstract.** In the present study, we performed the experimental study of wood structures by positron annihilation. The measurements were carried out on the positron lifetime spectrometer. The other two components are associated with the annihilation of ortho-positronium in liquids and gases filling the intra- and intercellular spaces of the wood. On the basis of experimental studies, a century old Siberian pine has been cut, the changes in the solid, liquid, and gas components of wood are dated.*

**Введение.** Растения подвержены действию многих факторов. В различной степени на них влияют температура окружающей среды, дефицит влаги, повышенное содержание в атмосфере CO<sub>2</sub>, присутствие в почве тяжелых металлов. Известно, что стресс у деревьев вызывает изменение дозы УФ радиации, дошедшей до поверхности земли и повышение концентрации токсичного тропосферного озона, особенно в промышленной зоне. Все это приводит к изменениям годичного прироста деревьев [1,2].

Позитронная аннигиляционная спектроскопия (ПАС) является современным методом изучения структуры вещества [3,4].

Первая задача – оценить насколько возможно применение этого метода к сложному многокомпонентному по своей структуре объекту, каковы требования к форме образцов для исследования и дискретность датировки характеристик образцов.

Дальнейшие цели: выявить и датировать изменения древесины клеточных стенок в растущем дереве для твердотельной, жидкой и газовой составляющих древесины.

**Материал и методы исследования.** Спектрометр был реализован на основе быстро-быстрой схемы. В качестве детекторов использовались сцинтилляционные детекторы Hamamatsu H3378-50 на основе кристаллов BaF<sub>2</sub> цилиндрической формы, диаметром 30мм и толщиной 25 мм. Питание детекторов осуществлялось с помощью высоковольтного источника питания (ВИП, NHQ 203M). Спектрометрический комплекс включает в себя два дифференциальных дискриминатора постоянной составляющей (ДПС, FAST ComTech 7029A), блок наносекундной задержки (БНЗ, Canberra 2058), время-

цифровой преобразователь (ВЦП, FAST ComTech 7072Т), многопараметровый многоканальный анализатор (МРА 4) и персональный компьютер с программным обеспечением для набора спектров (ПК). Схема спектрометрического комплекса представлена на рисунке 1.

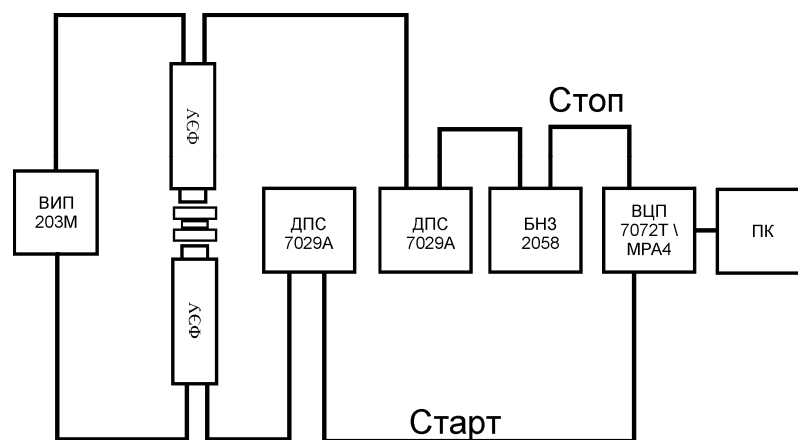


Рис. 1. Схема спектрометрического комплекса

Регистрация ядерного  $\gamma$ -кванта, с энергией 1,157 МэВ, является сигналом «старт», а регистрация аннигиляционного кванта, с энергией близкой к 0,511 кэВ, является сигналом «стоп». Время между двумя этими сигналами и является временем жизни позитрона в веществе. Импульсы с детекторов поступают на дифференциальные дискриминаторы, где осуществляется амплитудная селекция и привязка к временному фронту. Аналоговый сигнал с анода детектора «стоп» поступает на ДПС. Пороги дискриминации на нем установлены так, чтобы захватить область только аннигиляционного пика. Аналогично с сигналами «стоп». Пороги установлены таким образом, чтобы провести селекцию импульсов, соответствующих ядерным  $\gamma$ -квантам [5].

**Результаты исследований.** В процессе анализа полученных данных было выделено 3 компоненты: 1 короткоживущая и 2 долгоживущие  $\tau_1=373,4\pm 0,2$  пс,  $\tau_2=1494,3\pm 4,1$  пс,  $\tau_3=2757,5\pm 23,8$  пс. Первую компоненту, с относительной интенсивностью  $\sim 80\%$ , можно однозначно связать с аннигиляцией позитронов в твердом теле (целлюлоза, лигнин и т.д.). Компонента  $\tau_2$ , в соответствии с известными литературными данными ассоциируется с орто-позитронием в жидкостях ( $H_2O$ , смолы и т.д.), заполняющими внутри- и меж- клеточные пространства древесины. Третья компонента разложения ассоциируется с аннигиляцией орто-позитрония в газах ( $CO_2$ ,  $N_2$ ,  $O_2$  и т.д.), также в внутри- и меж-клеточных пространствах древесины. На рисунке 2 представлены интенсивности разных компонент разложения в зависимости от слоя. Компонента  $\tau_1$ , с интенсивностью 80%, вносит основной вклад, поэтому характер зависимости среднего времени жизни  $\tau_{avg}$  от слоя совпадает с характером зависимости  $\tau_1$ . Уменьшение среднего времени жизни может свидетельствовать об увеличении плотности при приближении к более «старым» годовым кольцам.

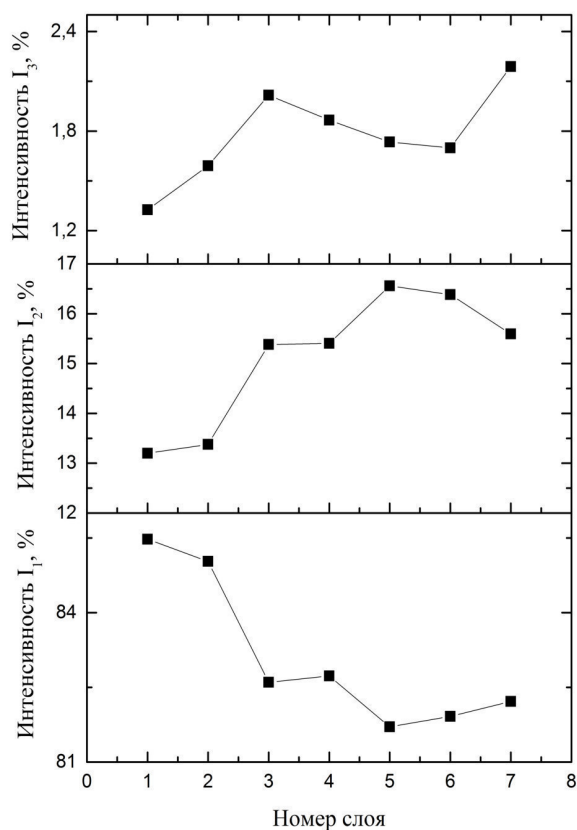


Рис 2. Изменение интенсивности компонент  $\tau_1$ ,  $\tau_2$  и  $\tau_3$  в зависимости от слоя.

**Заключение.** Таким образом, ПАС является перспективным методом неразрушающего контроля структуры материалов, применяющимся в разных отраслях науки и техники. Дальнейшее исследование в области ПАС и использование его в связке с другими методами поможет в разработке новых материалов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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.
2. П.А. Кашулин, Н.В. Калачева, Н.А. Артемкина, С.А. Черноус// Фотохимические процессы в растениях на Севере и окружающая среда. Вестник МГТУ, Т. 12, №1, 2009. С. 137-142
3. В.И. Гольданский. Физическая химия позитрона и позитрония. М.: Наука, 1968.
4. В.И. Графутин, Е.П. Прокопьев. Применение позитронной аннигиляционной спектроскопии для изучения строения вещества. Успехи физических наук, 2002, т.172, с.67–83.
5. Р. С. Лаптев. Разработка метода аннигиляции позитронов для контроля дефектной структуры в системах металл-водород : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук— Томск: 2014. — 129 с.