

Измерения характеристик природного композита древесины методом аннигиляции позитронов на основе имитационной модели годовичного кольца*

К.П. Арефьев¹, Б.Г. Агеев², А.В. Батрагин¹, С.Л. Бондаренко³,
Ю.С. Бордулев¹, Р.С. Лаптев¹, Д.А. Савчук³, В.А. Сапожникова²,
С.Г. Стучебров¹, И.Г. Устинова¹, Цуй Цзян¹, А.Д. Ломыгин¹

¹ *Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

² *Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, г. Томск, Россия*

³ *Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск, Россия*

Рассматривается простейшая аддитивно-агрегатная модель, согласно которой в дендрохронологическом сигнале хвойных деревьев суммируются сигналы от трех основных агрегатных компонент – древесного вещества, воды и углекислого газа. Представлена интерпретация результатов измерений с использованием позитронной аннигиляционной спектроскопии, а также их сравнение с измерениями, полученными другими методами. Показаны новые возможности для изучения процессов, происходящих в деревьях и экосистеме.

Ключевые слова: *позитронная аннигиляционная спектроскопия, углекислый газ, имитационная модель, дендрохронологический сигнал, древесное вещество.*

Введение

Позитронная аннигиляционная спектроскопия (ПАС) – метод исследования структуры и свойств материалов путем изучения аннигиляционных характеристик позитронов с электронами вещества [1]. Измерения при помощи ПАС позволяют оценить свойства структуры древесины и ее дефекты, концентрацию различных элементов, плотность, могут быть экспертами состояния и перспектив дальнейшего роста.

Для интерпретации результатов измерений ПАС необходима имитационная модель, которая бы предварительно указывала на элементный состав древесного композита. Это модель годовичного кольца, нарастающего каждый год древесного слоя ствола дерева. Модель учитывает взаимодействие между этими компонентами и их влияние на макро- и микромеханические свойства древесины, такие как механическая прочность, упругость, деформируемость и т.д. Учет структуры и соотношений компонент, а также их межфазных взаимодействий важен для объяснения и моделирования свойств древесины и устойчивости растущего дерева.

В модели также должны быть учтены особенности древесины, связанные с ее пористой структурой. Пористость древесины влияет на ее массу, плотность, теплопроводность и другие свойства. Кроме того, при моделировании природного композита древесины следует учитывать воздействие окружающей среды, включая влажность и температуру, а также внешние факторы, такие как механические нагрузки и воздействие вредителей.

В работе представлена простейшая аддитивная модель, предполагающая, что дендрохронологический сигнал является результатом суммирования сигналов трех основных компонент разной природы: древесного вещества, воды и углекислого газа. Такое разложение дендрохронологического отклика помогает лучше понять связь структуры годовичного кольца с изменениями окружающей среды [2, 3].

В современных исследованиях при анализе растущего в естественных условиях дерева практически не используются свойства древесины как природного полимера и композита. Однако информация о структуре годовичных колец и декомпозиция на отдельные элементы, ответственные за прирост, влажность и прочность, может оказаться более информативной, чем декомпозиция дендрохронологического сигнала (ДС) на климатические компоненты различной природы [4].

Измерения годовичных колец методами ПАС и оптико-акустической спектроскопии позволяют выделить в серии измерений концентрацию углекислого газа и воды. Рентгенографический метод при помощи специальных алгоритмов позволяет визуализировать структуру древесины, а совре-

* Исследование выполнено в рамках госбюджетной темы № 121031300156-5.