

09:12

©1994

## ВЛИЯНИЕ ТЕРМООБРАБОТКИ НА ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ СВОЙСТВА ЛИСТЬЕВ РАСТЕНИЙ

В.Х.Шпунт, В.Ю.Рудь, Ю.В.Рудь

Недавно была обнаружена интенсивная фотолюминесценция (ФЛ) зеленых листьев в видимой области спектра, причем их термоциклирование от 300 К в низкотемпературную область вплоть до 77 К не вызывало необратимых изменений люминесцентных параметров объектов биологического происхождения [1]. Представляет интерес получить информацию об излучательных свойствах листьев при их нагреве выше комнатной температуры, когда наступают необратимые процессы и следует затухание жизни [2].

Настоящая работа посвящена изучению свойств стационарной ФЛ листьев, подвергнутых изохронной термообработке ( $\Delta t \approx 60$  с) на воздухе выше комнатной температуры.

Исследования проводились на листьях *Populus nigra* L. непосредственно после их отторжения от дерева. Листья монтировались на плоскость держателя из красной меди. Температура образцов регулировалась посредством управления электрической мощностью, подводимой к нагревательной обмотке. Измерения температуры производились с помощью медь-медьконстантановой термопары. Возбуждение фотолюминесценции обеспечивалось излучением гелий-неонового лазера с мощностью  $\approx 10$  мВт, а спектры ФЛ анализировались монохроматором МДР-3 и детектировались фотоэлектронным умножителем ФЭУ-62.

Типичные спектральные зависимости ФЛ одного из исследованных листьев *Populus nigra* L. представлены на рис. 1. При комнатной температуре спектральная зависимость зеленых листьев включает две перекрывающиеся полосы с максимумами  $\hbar\omega_1 = 1.67$  и  $\hbar\omega_2 = 1.80$  эВ. Как видно из рис. 1 (кривая 1), в исходном для термообработки листе доминирует длинноволновая компонента, так что отношение интенсивностей в максимумах полос  $I_2/I_1 \approx 0.37$ . С ростом температуры наблюдается изменение в соотношении интенсивностей этих полос, причем вклад коротковолновой составляющей  $I_2$  непрерывно возрастает и при  $T \gtrsim 440$  К она уже становится доминирующей. Для коротковолновой компоненты ФЛ характерна более низкая полуширина на полувысоте  $\delta_2 \approx 20 - 30$  мэВ, тогда как у длинноволновой составля-

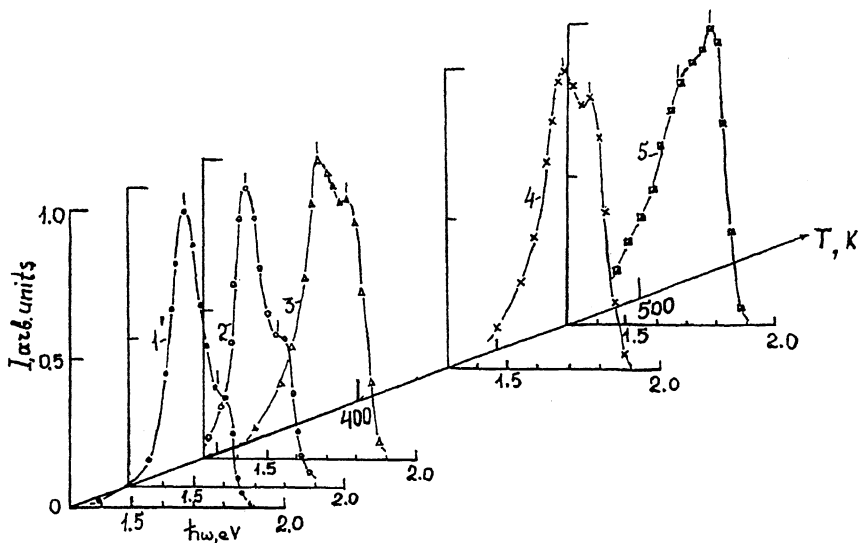


Рис. 1. Спектральные зависимости стационарной фотолюминесценции листьев тополя (*Populus nigra* L.) в процессе их изохронной термообработки.

$T, K: 1 - 300, 2 - 321, 3 - 347, 4 - 451, 5 - 476.$

ющей полуширина  $\delta_1 \approx 50 - 60$  мэВ. С ростом температуры обе полосы уширяются, а энергетическое положение их максимумов имеет тенденцию к сближению в результате того, что  $\hbar\omega_1$  растет, а  $\hbar\omega_2$  падает. Главный вывод, который вытекает из рис. 1, сводится к тому, что подъем температуры изохронного процесса от 300 до 480 К не затрагивает дублетную структуру спектральной зависимости ФЛ, а только изменяет соотношение интенсивностей в пользу коротковолновой составляющей с максимумом при  $\hbar\omega_2$ .

Влияние изохронной термообработки листьев *Populus nigra* L. на интенсивности длинноволновой  $I_1$  и коротковолновой  $I_2$  составляющих его стационарной ФЛ отражено на рис. 2. Здесь можно выделить несколько стадий. Первая из них локализована в диапазоне температур 310–325 К и сопровождается возгоранием интенсивностей  $I_1$  и  $I_2$  в 2–3 раза по отношению к исходному *in vivo* состоянию. Выше 325 К на кривых изохронной термообработки проявляется тушение ФЛ, причем можно выделить 3 стадии: 1 — от 330 до 340, 2 — от 345 до 350 и 3 — наиболее протяженная локализована выше 430 К. Последняя стадия термообработки завершается “обугливанием” листа и необратимым тушением ФЛ выше 480 К. При термообработке листьев вплоть до 430 К

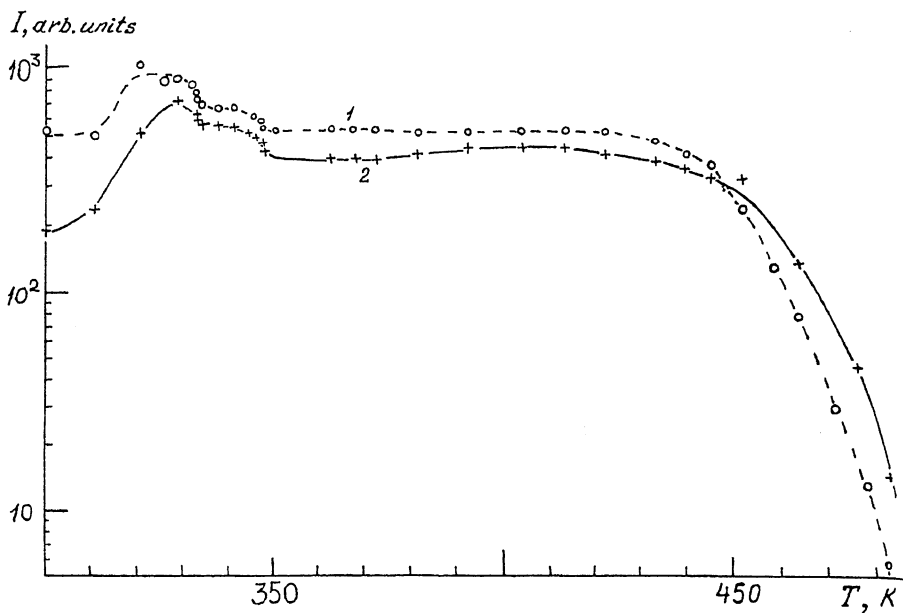


Рис. 2. Влияние изохронной ( $\Delta t \approx 60$  с) с термообработки на интенсивность ФЛ листьев тополя (1 —  $I_1$ , 2 —  $I_2$ ).

интенсивности обеих составляющих не падают ниже характерных для зеленых листьев в исходном *in vivo* состоянии. Охлаждение нагретых до 430 К листьев, которые уже полностью сухие, показало, что спектральный контур их ФЛ подобен характерному для исходного состояния, причем сохраняется энергетическое положение максимумов обеих полос и их полуширины, но увеличивается соотношение  $I_2/I_1$  от 0.37 до 0.67.

Таким образом, высокотемпературная термообработка (300–440 К) зеленых листьев, вызывающая необратимый переход, не приводит к тушению характерной для зеленых листьев интенсивной красной фотолюминесценции. Это обстоятельство дает основание анализировать возможности практического применения люминесцентных свойств листьев, а высокая термическая стабильность этих свойств и их сохранение после высушивания вызывают не только практический интерес, но и стимулируют необходимость расширения исследований в этом направлении.

## Список литературы

- [1] *Шпунт В.Х., Рудь Ю.В.* // Письма в ЖТФ. 1994. Т. 20. В. 13. С. 56-59.
- [2] *Вилли К., Детье В.* Биология. М., 1975. С. 87.

Физико-технический  
институт им. А.Ф. Иоффе  
Санкт-Петербург

Поступило в Редакцию  
7 июля 1994 г.

---