

СПЕКТРАЛЬНЫЕ И ЦВЕТОКОНТРАСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИЗУАЛИЗАТОРОВ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ НА ОСНОВЕ РАСТВОРОВ КРАСИТЕЛЕЙ, СОДЕРЖАЩИХ КИСЛОТНЫЕ ДОБАВКИ**Попечиц В.И.***Научно-исследовательское учреждение «Институт прикладных физических проблем им. А.Н. Севченко» Белорусского государственного университета
Минск, Республика Беларусь*

Растворы органических красителей в органических и неорганических растворителях, а также в полимерных матрицах обладают интенсивными полосами поглощения в оптической области спектра, что указывает на возможность их применения в качестве визуализаторов ионизирующих излучений [1, 2].

При воздействии ионизирующего излучения на растворы красителей происходит их необратимое обесцвечивание, вызванное взаимодействием молекул красителей с кислородсодержащими радикалами и ион-радикалами, образующимися в результате радиолиза растворителей [3, 4]. Многокомпонентные растворы красителей при воздействии ионизирующего излучения могут изменять цвет, что позволяет визуально определить величину радиационной дозы, используя предварительно построенную цветовую градуировочную шкалу [5 – 8].

В данной работе исследовано влияние кислотных добавок (на примере ортофосфорной кислоты – H_3PO_4) на спектральные и цветоконтрастные характеристики трехкомпонентных растворов органических красителей, используемых в качестве визуализаторов рентгеновского и гамма излучения. В качестве растворителя использовалась дистиллированная вода, в которой растворялись два красителя: один поглощал свет в длинноволновой области видимого диапазона длин волн, другой – в коротковолновой. Показано, что кислотные добавки позволяют уменьшить время облучения растворов для регистрации радиационной дозы и улучшить цветоконтрастные характеристики растворов.

Первоначально была исследована химическая стойкость ряда двухкомпонентных водных растворов красителей, перспективных для использования в качестве компонентов визуализаторов ионизирующих излучений. Концентрация растворов красителей составляла $3,5 \cdot 10^{-5}$ моль/л. К 15 мл водного раствора красителя данной концентрации добавлялось 2 мл ортофосфорной кислоты. Спектры поглощения растворов красителей, содержащих кислотную добавку, записывались через определенные промежутки времени на спектрофотометре PV 1251 "Solar". Чтобы исключить фотохимическую деструкцию красителей, растворы хранились в полной темноте, при комнатной температуре.

Для исследования влияния ортофосфорной кислоты на спектральные и цветоконтрастные характеристики облученных растворов были приготовлены трехкомпонентные водные растворы красителей. Смешивались 10 мл водного раствора красителя, поглощающего в длинноволновой области видимого спектра (концентрация $3,5 \cdot 10^{-5}$ моль/л), и 10 мл водного раствора красителя, поглощающего в коротковолновой области, такой же концентрации. В полученный трехкомпонентный раствор добавлялись 4 мл воды или 4 мл ортофосфорной кислоты, соответственно. Облучение трехкомпонентных растворов, содержащих и не содержащих кислотную добавку, проводилось в пластиковых кюветах на рентгеновской установке «Дрон 2М», при мощности тока, проходящего через рентгеновскую трубку, 200 Вт (напряжение – 20 кВ, ток – 10 мА), при этом соблюдался одинаковый способ установки кювет, для того, чтобы обеспечивать одинаковые условия облучения каждого раствора. Облучение производилось в течение 15 минут. Затем на спектрофотометре PV 1251 "Solar" записывались спектры поглощения облученных растворов.

В качестве примера на рис. 1 приведены зависимости интенсивности максимумов спектров поглощения водных растворов некоторых красителей, содержащих кислотную добавку, от времени хранения, из которого видно, что по химической стойкости к кислотной добавке красители можно условно разделить на три группы: относительно стойкие – концентрация исходного красителя со временем уменьшается незначительно (кривые 1, 2), среднестойкие (кривые 3, 4), не стойкие (кривые 5, 6). Для приготовления визуализаторов ионизирующих излучений на основе многокомпонентных растворов красителей, активированных кислотными добавками, следует использовать красители первой группы.

В качестве примера на рис. 2 представлены спектры поглощения двух облученных трехкомпонентных растворов, содержащих и не содержащих кислотную добавку. Из рис. 2 видно, что скорость радиационной деструкции красителей в растворах, содержащих добавку ортофосфорной кислоты возрастает. Это можно объяснить присутствием в растворе анионов, которые при радиолизе раствора образуют кислородсодержащие

радикалы и ион-радикалы, обладающие высокой химической активностью. Взаимодействие последних с молекулами красителей приводит к нарушению π -электронной цепи сопряжения и смещению полос поглощения этих продуктов реакции в УФ-область спектра, что способствует уменьшению интенсивности длинноволновых полос поглощения растворов в видимой области спектра.

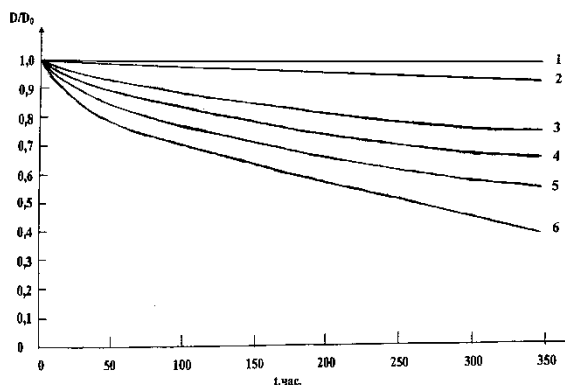


Рисунок 1 – Зависимость нормированной интенсивности поглощения в максимуме длинноволновой полосы (D/D_0) водного раствора метилового оранжевого (1), кислотного желтого светопрочного (2), эозина натрия (3), малахитового зеленого (4), кислотного алого (5), кислотного ярко голубого (6) с добавлением ортофосфорной кислоты от времени хранения раствора в темноте

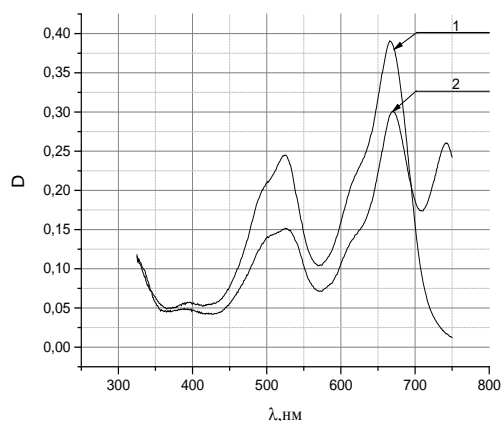


Рисунок 2 – Спектры поглощения трехкомпонентного водного раствора кислотного алого ($\lambda_{\max} = 525$ нм) и метиленового голубого ($\lambda_{\max} = 670$ нм) после облучения рентгеном (1), с добавлением ортофосфорной кислоты (2)

Полученные экспериментальные данные позволили сделать вывод о том, что скорость необратимой радиационной деструкции красителей в водных растворах возрастает при добавлении в

растворы ортофосфорной кислоты. Причем это возрастание скорости радиационной деструкции зависит от химической природы красителя, т.е. разное для каждого красителя. Следовательно, подбором красителей и добавлением в растворы ортофосфорной кислоты можно улучшить цветоконтрастные характеристики облученных растворов, что важно при применении трехкомпонентных растворов красителей в качестве детекторов радиационной дозы, в частности при проведении неразрушающего радиационного контроля материалов и изделий.

1. Степанов, Б.И. Введение в химию и технологию органических красителей / Б.И. Степанов – М.: Химия, 1977. – 448 с.
2. Бахшиев, Н. Г. Введение в молекулярную спектроскопию / Н.Г.Бахшиев // – Л.: Изд. ЛГУ, 1987. – 215 с.
3. Попечиц, В. И. Спектрально-люминесцентные характеристики гамма-облученных растворов трикарбоцианиновых красителей / В.И.Попечиц // Вестник БГУ. Сер. 1. 2002. № 3. С. 33 – 37.
4. Попечиц, В.И. Влияние гамма-облучения на спектры поглощения растворов кислотных красителей / В.И.Попечиц // Журнал прикладной спектроскопии. – 2003. – Т. 70, № 1. – С. 34 – 37.
5. Попечиц, В. И. Визуализаторы ионизирующего излучения на основе многокомпонентных растворов красителей / В.И.Попечиц // Проблемы инженерно-педагогического образования в Республике Беларусь: Материалы VI Междунар. науч.-практ. конф. в 2 ч. – Минск, 2012. Ч. 2. С. 128 – 133.
6. Попечиц, В. И. Дефектоскопия материалов и изделий с помощью многокомпонентных растворов красителей / В.И.Попечиц // Достижения физики неразрушающего контроля: Сборник научных трудов Междунар. научно-технической конф., посвященной 50-летию Института прикладной физики НАН Беларуси / Институт прикладной физики. – Минск, 2013. – С. 284 – 289.
7. Попечиц, В. И. Визуализаторы ионизирующего излучения на основе многокомпонентных растворов красителей / В.И.Попечиц // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: Материалы Междунар. науч.-технич. конф. (Могилев, 24-25 апр. 2014). Могилев, 2014. С. 147 – 148.
8. Попечиц, В. И. Влияние пероксида водорода на цветостойкость растворов органических красителей / В.И.Попечиц // Вестник БГУ. Сер. 1. 2015. № 1. С. 17 – 21.