

ВЛИЯНИЕ КИСЛОТНЫХ ДОБАВОК НА СПЕКТРАЛЬНЫЕ И ЦВЕТОКОНТРАСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИЗУАЛИЗАТОРОВ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ НА ОСНОВЕ РАСТВОРОВ КРАСИТЕЛЕЙ

В.И. Попечиц

Белорусский государственный университет, Институт прикладных физических проблем имени Севченко, ул. Курчатова 7, 220045 Минск, Беларусь, papchys@bsu.by

Исследовано влияние добавок ортофосфорной кислоты в растворы органических красителей на спектральные и цветоконтрастные характеристики растворов. Показано, что скорость радиационной деструкции красителей в водных растворах под действием рентгеновского излучения возрастает при добавлении в растворы ортофосфорной кислоты в зависимости от химической природы красителя. Следовательно, подбором красителей и добавлением в многокомпонентные растворы ортофосфорной кислоты можно улучшить цветоконтрастные характеристики облученных растворов, что важно при применении растворов красителей в качестве визуализаторов ионизирующих излучений.

Введение

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 [1-3].

Оптико-спектральные свойства растворов красителей зависят как от химической структуры молекул красителей, так и от физико-химических параметров растворителей. На оптико-спектральные свойства растворов красителей влияет температура (термодеструкция), воздействие света (фотодеградация), воздействие рентгеновских и гамма-квантов (радиационная деструкция), наличие в растворах активных примесей (химическая деструкция) и другие факторы [4].

В ряде работ [4-7] было показано, что в многокомпонентных растворах органических красителей под действием ионизирующего излучения происходит изменение цвета раствора, вызванное радиационной деструкцией красителей и зависящее от времени облучения, исходной концентрации раствора, химической природы красителей, физико-химических свойств используемого растворителя, спектрального состава и радиационной дозы ионизирующего излучения, что позволяет визуально определить величину радиационной дозы, используя соответствующую градуировочную цветовую шкалу. Первоначальный цвет многокомпонентного раствора будет определяться концентрацией каждого из входящих в раствор красителей. Наиболее простым многокомпонентным раствором является трехкомпонентный раствор, содержащий два красителя, имеющие длинноволновые полосы поглощения в разных спектральных областях видимого диапазона света, и растворитель. При воздействии рентгеновского и гамма излучения на жидкие и твердые растворы красителей происходит их необратимое обесцвечивание, вызванное изменением состава и структуры молекул красителей в результате взаимодействия последних с кислородсодержащими радикалами и ион-радикалами, образу-

ющимися в растворе вследствие радиолиза растворителей [4-8].

Основная часть

В настоящей работе исследовано влияние добавки в растворы красителей ортофосфорной кислоты (H_3PO_4) на спектральные и цветоконтрастные характеристики визуализаторов ионизирующих излучений на основе трехкомпонентных растворов органических красителей (в качестве растворителя использовалась дистиллированная вода, в которой растворялись два красителя: один поглощал свет в длинноволновой области видимого диапазона длин волн, другой – в коротковолновой).

Первоначально была исследована химическая стойкость ряда двухкомпонентных водных растворов органических 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, содержащие кислотную добавку, записывались через определенные промежутки времени на спектрофотометре PV 1251 "Solar". Точность измерения оптической плотности составляла 3 %.

Для исследования влияния ортофосфорной кислоты на спектральные и цветоконтрастные характеристики облученных рентгеном растворов были приготовлены трехкомпонентные водные растворы красителей, химически стойких к воздействию ортофосфорной кислоты. 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 красителей 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 рент-

геновскую 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 мин. Затем на спектрофотометре PV 1251 "Solar" записывались спектры поглощения облученных растворов.

В качестве примера на рис. 1 представлены спектры поглощения облученного трехкомпонентного водного раствора красителей кислотный алый + метиленовый голубой, содержащего и не содержащего кислотную добавку.

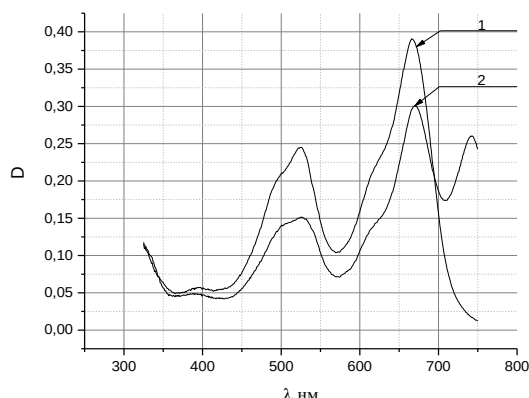


Рис. 1. Спектры поглощения трехкомпонентного водного раствора кислотного алого ($\lambda_{\text{max}} = 525$ нм) и метиленового голубого ($\lambda_{\text{max}} = 670$ нм) не содержащего (1) и содержащего (2) ортофосфорную кислоту после облучения рентгеном

Из рис. 1 видно, что скорость радиационной деструкции красителей в растворе, содержащем добавку ортофосфорной кислоты возрастает. Это можно объяснить присутствием в растворе анионов, которые при радиоллизе раствора образуют кислородсодержащие радикалы и ион-радикалы, обладающие высокой химической активностью. Взаимодействие последних с молекулами красителей приводит к нарушению π -электронной цепи сопряжения молекул красителей и смещению полос поглощения этих продуктов реакции в УФ-область спектра, что способствует уменьшению интенсивности длинноволновой полосы поглощения раствора в видимой области спектра.

Закключение

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

Список литературы

1. Степанов Б.И. Введение в химию и технологию органических красителей. М., 1977.
2. Бахшиев Н.Г. Введение в молекулярную спектроскопию. Л., 1987.
3. Левшин Л.В., Салецкий А.М. Оптические методы исследования молекулярных систем: в 2 ч. Ч. 1: Молекулярная спектроскопия. М., 1994.
4. Попечиц В.И. Спектроскопическое исследование радиационной устойчивости растворов красителей // Спектроскопия и люминесценция молекулярных систем / БГУ, НАН Беларуси. Минск: БГУ, 2002. С. 275-286.
5. Попечиц В.И. Спектрально - люминесцентные характеристики гамма-облученных растворов трикарбо-цианиновых красителей // Вестник БГУ. Сер. 1. 2002. № 3. С. 33-37.
6. Попечиц В.И. Влияние гамма-облучения на спектры поглощения растворов кислотных красителей // Журнал прикладной спектроскопии. 2003. Т. 70. № 1. С. 34-37.
7. Попечиц В.И. Визуализаторы ионизирующего излучения на основе многокомпонентных растворов красителей // Проблемы инженерно-педагогического образования в Республике Беларусь: Материалы VI Междунар. научно-практ. конф. в 2 ч. Минск, 2012. Ч. 2. С. 128-133.
8. Попечиц В.И. Влияние щелочных добавок на цветоконтрастные характеристики визуализаторов ионизирующих излучений на основе многокомпонентных растворов красителей // Взаимодействие излучений с твердым телом: Материалы 11-й Междунар. конф. Минск, 2015. С. 270-271.

INFLUENCE OF ACID ADDITIVES ON SPECTRAL AND COLORCONTRAST CHARACTERISTICS VISUALIZERS OF IONIZING RADIATION ON THE BASIS SOLUTIONS OF DYES

V.I. Popechits

Sevchenko Institute of Applied Physical Problems, Belarusian State University,
7 Kurchatov str., 220045 Minsk, Belarus, papechyts@bsu.by

The effect of additives of orthophosphoric acid in solutions of organic dyes on spectral and colorcontrast characteristics solutions are investigated. It is shown that the rate of dyes radiation degradation in aqueous solutions under the influence of X-ray radiation increases with addition of orthophosphoric acid in solutions, depending on the chemical nature of the dye. Therefore, the selection of dyes and the addition of orthophosphoric acid in multicomponent solutions can be improved colorcontrast characteristics of irradiated solutions, which is important when applying dye solutions as visualizers ionizing radiations.