

УДК 535.37

## ДЕФЕКТОСКОПИЯ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ С ПОМОЩЬЮ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ЩЕЛОЧЬЮ РАСТВОРОВ КРАСИТЕЛЕЙ

**В. И. ПОПЕЧИЦ**

НИУ «Институт прикладных физических проблем им. А. Н. Севченко»  
БГУ  
Минск, Беларусь

UDC 535.37

## DEFECTOSCOPY OF MATERIALS AND PRODUCTS USING MODIFIED ALKALI SOLUTIONS OF DYES

**V. I. PAPECHYTS**

### **Аннотация**

Исследовано влияние щелочных добавок в многокомпонентные растворы органических красителей на спектральные и цветоконтрастные характеристики растворов, используемых в качестве регистрирующих сред при радиационной дефектоскопии материалов и изделий. Показано, что скорость радиационной деструкции красителей в водных растворах под действием рентгеновского излучения возрастает при добавлении в растворы щелочи.

### **Ключевые слова:**

радиационная дефектоскопия материалов и изделий, многокомпонентные растворы красителей, радиационная деструкция красителей.

### **Abstract**

Influence of alkaline additives in multicomponent solutions of organic dyes on spectral and color contrast characteristics of solutions used as registering media for radiation defectoscopy of materials and products is investigated. It is shown that the rate of radiation degradation of dyes in aqueous solution under the influence of x-ray radiation increases when you add in solutions of alkalis.

### **Key words:**

radiation inspection of materials and products, multicomponent solutions of dyes, radiation degradation of dyes.

Жидкие и твердые растворы органических красителей являются удобными модельными объектами для радиационных исследований, так как они обладают интенсивными полосами поглощения в оптической области спектра электромагнитных волн, и, следовательно, при изучении воздействия ионизирующих излучений на растворы красителей можно применять надежные, высокоинформативные оптико-спектральные методы [1, 2].

Спектральные и цветоконтрастные свойства растворов красителей зависят как от химической структуры молекул красителей, так и от физико-химических параметров жидкого растворителя или полимерной матрицы.



В многокомпонентных растворах красителей под действием рентгеновского или гамма 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 определяется концентрацией каждого из входящих в раствор красителей. Наиболее простым многокомпонентным раствором является трехкомпонентный раствор, содержащий два красителя, имеющих длинноволновые полосы поглощения в разных спектральных областях видимого диапазона света, и растворитель. При воздействии ионизирующего излучения на растворы красителей происходит их необратимое обесцвечивание, вызванное изменением состава и структуры молекул красителей в результате взаимодействия последних с кислородсодержащими радикалами и ион-радикалами, образующимися вследствие радиолиза растворителя [3–5].

В данной работе на примере гидроксида калия – КОН исследовано влияние щелочных добавок 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).

Сначала была исследована химическая стойкость к щелочи 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 3 мл водного раствора КОН концентрации  $2,5 \cdot 10^{-2}$  моль/л. Спектры поглощения растворов красителей, содержащие щелочную добавку, записывались через определенные промежутки времени на спектрофотометре PV 1251 «Solar». Точность измерения оптической плотности составляла 3 %. Чтобы исключить фотохимическую деструкцию красителей, растворы хранились при комнатной температуре в полной темноте.

В качестве примера на рис. 1 приведены зависимости нормированной интенсивности длинноволновых максимумов спектров поглощения водных растворов некоторых красителей, содержащих щелочную добавку, от времени хранения растворов. Из этого рисунка видно, что по химической стойкости к щелочным добавкам красители можно условно разделить на три группы: относительно стойкие – концентрация исходного красителя со временем уменьшается незначительно (кривые 1, 2), среднестойкие (кривые 3, 4) и не стойкие (кривые 5, 6). Понятно, что для приготовления визу-

ализаторов ионизирующих излучений на основе многокомпонентных растворов красителей, активированных щелочными добавками, желательно использовать красители первой группы.

Для исследования влияния щелочных добавок 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 водного раствора КОН концентрации  $2,5 \cdot 10^{-2}$  моль/л соответственно. Облучение трехкомпонентных растворов, содержащих и не содержащих щелочную 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 строго соблюдался одинаковый способ установки кювет, для того, чтобы обеспечивать одинаковые условия облучения каждого раствора. Облучение производилось в течение 15 минут. Затем на спектрофотометре РВ 1251 «Solar» записывались спектры поглощения облученных растворов.

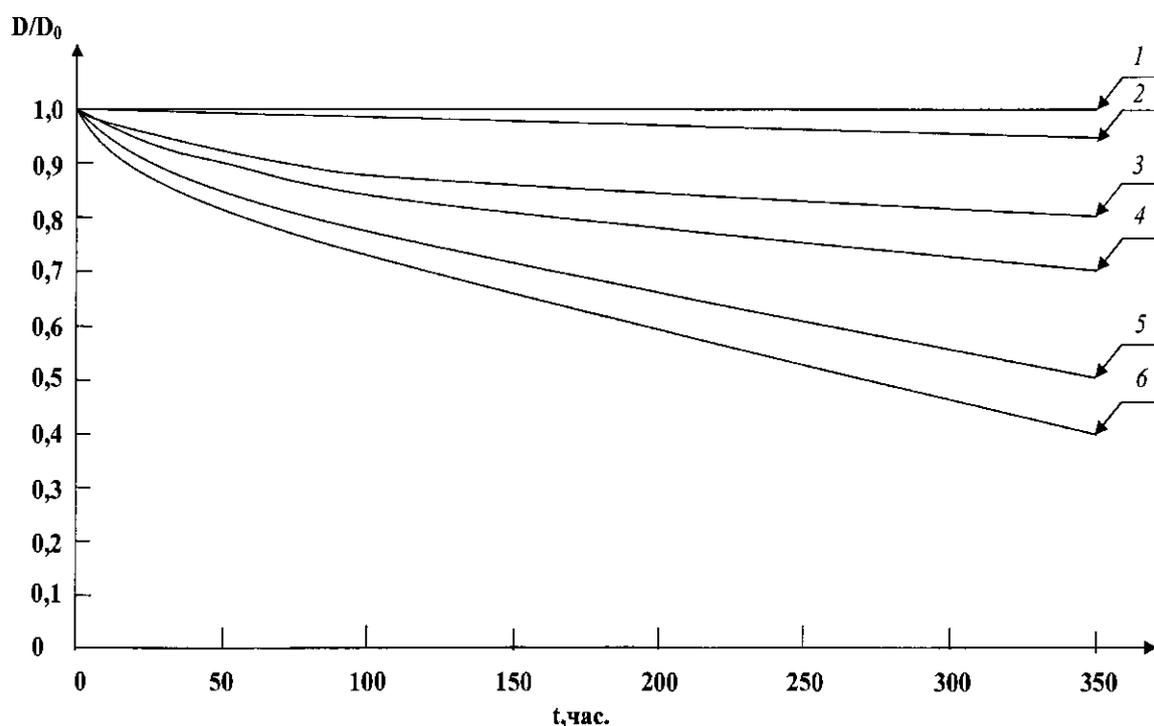


Рис. 1. Зависимость нормированной интенсивности поглощения в максимуме длинноволновой полосы ( $D/D_0$ ) водного раствора Na-флуоресцеина (1); кислотного желтого светопрочного (2); акридинового желтого (3); триафлавина (4); кислотного ярко-голубого 3 (5); родамина 6Ж (6) с добавлением щелочи от времени хранения раствора в темноте

В качестве примера на рис. 2 представлены спектры поглощения облученного трехкомпонентного раствора, содержащего и не содержащего щелочную добавку, из которого видно, что скорость радиационной деструкции красителей в растворе, содержащем щелочную добавку, возрастает. Это можно объяснить присутствием в растворе гидроксид-ионов, которые при радиолизе раствора образуют кислородсодержащие радикалы и ион-радикалы, обладающие высокой химической активностью. Взаимодействие последних с молекулами красителей приводит к нарушению  $\pi$ -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.

Полученные экспериментальные данные позволили сделать вывод о том, что скорость необратимой радиационной деструкции красителей в водных растворах возрастает при добавлении в растворы щелочи. Причем это возрастание скорости радиационной деструкции зависит от химической природы красителя, т.е. разное для каждого красителя.

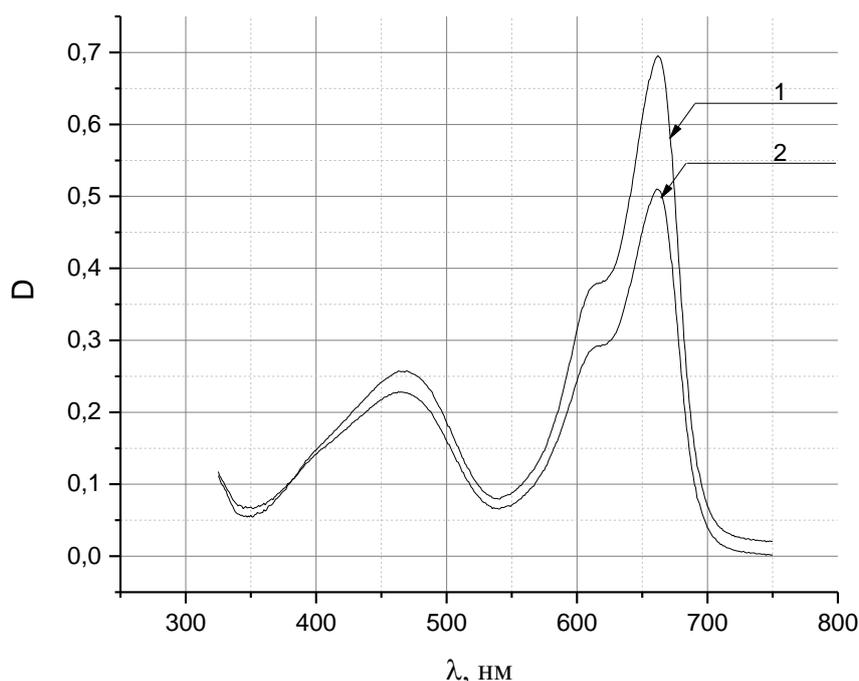


Рис. 2. Спектры поглощения трехкомпонентного водного раствора метилового оранжевого ( $\lambda_{\max} = 470$  нм) и метиленового голубого ( $\lambda_{\max} = 665$  нм) после облучения рентгеном (1), с добавлением щелочи (2)

Следовательно, подбором красителей и добавлением в растворы щелочи или кислоты можно улучшить цветоконтрастные характеристики облученных растворов, что важно при применении трехкомпонентных рас-

творов красителей в качестве регистрирующих сред для радиационной дефектоскопии материалов и изделий.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Степанов, Б. И.** Введение в химию и технологию органических красителей / Б. И. Степанов. – М. : Химия, 1977. – 448 с.
2. **Левшин, Л. В.** Оптические методы исследования молекулярных систем: в 2 ч. – Ч. 1: Молекулярная спектроскопия / Л. В. Левшин, А. М. Салецкий. – М. : Изд. МГУ, 1994. – 272 с.
3. **Попечиц, В. И.** Спектрально-люминесцентные характеристики гамма-облученных растворов трикарбодиазиринных 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.