

Детекторы дозы ионизирующих излучений на основе модифицированных растворов красителей

В.И. Попечиц

Институт прикладных физических проблем им. А.Н. Севченко

Белорусского государственного университета, Минск

E mail: papchyt@bsu.by

Жидкие растворы органических красителей и окрашенные полимерные пленки обладают интенсивными полосами поглощения в видимой области спектра электромагнитных волн, что делает их перспективными для применения в качестве детекторов ионизирующих излучений [1].

При воздействии ионизирующего излучения на растворы красителей происходит их необратимое обесцвечивание в результате взаимодействия красителей с кислород содержащими радикалами и ион-радикалами, образующимися в растворах вследствие радиолиза растворителей. Многокомпонентные растворы красителей под воздействием ионизирующего излучения изменяют цвет, что позволяет визуальным способом с погрешностью примерно 10% определить величину воздействовавшей на раствор радиационной дозы, используя предварительно построенную цветовую градуировочную шкалу [2, 3].

Для использования органических красителей в составе многокомпонентного раствора, применяемого в качестве детектора дозы ионизирующего излучения, необходимо, чтобы красители в данном растворе имели интенсивные полосы поглощения в оптической области спектра, хорошо растворялись в выбранном растворителе, химически не взаимодействовали друг с другом и с образующимися продуктами радиационной деструкции красителей, имели существенно различающиеся скорости радиационной деструкции.

В данной работе исследованы процессы, происходящие в многокомпонентных водных растворах органических красителей различных классов, содержащих добавки солей серной кислоты ($MnSO_4$, $FeSO_4$, $CuSO_4$, $(NH_4)_2SO_4$ и др.), при облучении растворов ионизирующим излучением. Для этого были приготовлены водные растворы, содержащие два красителя (один краситель имел полосу поглощения в длинноволновой области видимого спектра, другой – в коротковолновой). Максимальная оптическая плотность таких трехкомпонентных растворов в видимой области спектра составляла 2,1. Затем в полученный трехкомпонентный раствор объемом 15 мл добавлялись 5 мл воды или 5 мл водного раствора соли серной кислоты концентрации 1 моль/л, соответственно.

Многокомпонентные растворы красителей в пластмассовых кюветах облучались на рентгеновском дифрактометре «Дрон 2М» при мощности

тока, проходящего через рентгеновскую трубку 200 Вт (напряжение на рентгеновской трубке составляло 20 кВ, электрический ток в рентгеновской трубке – 10 мА). Время облучения образцов изменялось в пределах от 10 до 60 минут. Расстояние от рентгеновской трубки до облучаемых образцов составляло 15 см. Затем на спектрофотометре PV 1251 «Solar» записывались спектры поглощения не облученных и облученных растворов в спектральном диапазоне 350 – 750 нм.

Предварительно была исследована химическая стойкость водных растворов исследуемых красителей, модифицированных солями серной кислоты. К 15 мл водного раствора красителя концентрации $3,5 \cdot 10^{-5}$ моль/л. добавлялось 10 мл раствора соли серной кислоты концентрации 1 моль/л. Спектры поглощения растворов красителей, содержащих добавку солей серной кислоты, записывались через определенные промежутки времени. Измерения показали, что данные растворы, в отличие от растворов, содержащих добавки серной кислоты, обладают высокой химической стойкостью. За время хранения (до 350 часов) оптическая плотность растворов уменьшалась не более чем на 5 %.

Показано, что скорость радиационной деструкции красителей в растворах, содержащих добавку соли серной кислоты, возрастает. Это можно объяснить присутствием в растворе анионов SO_4^{2-} , которые при радиолизе раствора образуют кислородсодержащие радикалы и ион-радикалы, обладающие высокой окислительной активностью. Взаимодействие последних с молекулами красителей приводит к нарушению π -электронной цепи сопряжения и, следовательно, к смещению полос поглощения этих продуктов реакции в УФ-область спектра, что вызывает уменьшение интенсивности длинноволновых полос поглощения растворов в видимой области спектра. При указанной концентрации солей серной кислоты, добавляемых в трехкомпонентные растворы разных красителей, увеличение скорости радиационной деструкции красителей составляло до 10 % в зависимости от химической природы красителей и времени облучения. Следовательно, подбором красителей и добавлением в растворы солей серной кислоты можно улучшить цветоконтрастные характеристики облученных растворов, что важно при применении многокомпонентных растворов красителей в качестве детекторов дозы ионизирующих излучений.

1. Степанов Б.И. Введение в химию и технологию органических красителей // М.: Химия, 1977. 448 с.
2. Попечиц В.И. // Приборы и методы измерений. 2015. Т. 6, № 2, С. 173–180.
3. Попечиц В.И. // Вестник БГУ. Серия 1. 2016. № 1. С. 75–78.