

**Методика построения градуировочных шкал
для детекторов ионизирующих излучений на основе
трехкомпонентных растворов красителей**

В.И. Попечиц

Институт прикладных физических проблем им. А.Н.Севченко
Белорусского государственного университета, Минск
E mail: rapetchyts@bsu.by

При облучении многокомпонентного раствора красителей (два и более красителя, поглощающих свет в различных спектральных областях оптического диапазона длин волн, и растворитель) ионизирующим излучением раствор изменяет цвет, приближаясь с увеличением времени облучения к цвету раствора наиболее радиационно-стойкого красителя, и интенсивность окраски раствора при этом уменьшается (раствор красителей обесцвечивается) [1, 2].

Чтобы визуально определить дозу ионизирующего излучения с помощью многокомпонентного раствора красителей следует построить для данного раствора градуировочную цветовую шкалу. Для этого необходимо провести измерение зависимости интенсивности поглощения (оптической плотности раствора) в максимумах длинноволновых полос поглощения красителей от времени облучения раствора ионизирующим излучением известной мощности дозы. Проведенные измерения показали, что эта зависимость является, как и следовало ожидать, экспоненциальной. Оптическая плотность раствора в максимуме длинноволновой полосы поглощения пропорциональна концентрации исходных (не подвергшихся радиационной деструкции) молекул красителя. Для характеристики скорости радиационного разрушения молекул красителя в растворе, как правило, используются времена «полуразрушения» (уменьшения вдвое исходной концентрации красителя) в расчете на фиксированную мощность радиационной дозы, например, 1 Гр/с.

Самым простым многокомпонентным раствором красителей является трехкомпонентный раствор, содержащий два красителя (один из которых поглощает свет в коротковолновом диапазоне видимого света, другой – в длинноволновом), и растворитель. Измерения показали, что наиболее чувствительны к изменению радиационной дозы водные растворы красителей. Например, приготавливался водный раствор трипафлавина концентрации $2 \cdot 10^{-3}$ моль/л и водный раствор малахитового зеленого концентрации 10^{-3} моль/л. Затем эти растворы сливались в равных объемах (для упрощения расчетов концентраций облученного трехкомпонентного раствора). Таким образом, первоначальный раствор

имел концентрацию трипафлавина 10^{-3} моль/л, а малахитового зеленого – $5 \cdot 10^{-4}$ моль/л. Цвет получившегося раствора в стандартной стеклянной кювете (площадь поперечного сечения 1 см x 1 см) был темно-зеленым. Приготавливая растворы каждого красителя в нужной пропорции с учетом времен «полуразрушения» красителей и, сливая их вместе в равных объемах, получаем растворы соответствующего цвета, показывающие изменение цвета трехкомпонентного раствора при увеличении дозы облучения. В данном случае цвет раствора при увеличении дозы облучения изменяется от интенсивного темно-зеленого до оранжевого, при этом уменьшается насыщенность цвета. Оранжевый цвет соответствует цвету раствора более радиационно стойкого красителя – трипафлавина, время «полуразрушения» которого в водном растворе при мощности дозы 1 Гр/с равно $10,5 \cdot 10^2$ с, а время «полуразрушения» малахитового зеленого в водном растворе – $3,80 \cdot 10^2$ с).

Для увеличения цветового контраста облученных определенное время трехкомпонентных растворов красителей и тем самым точности визуального определения радиационной дозы следует подбирать красители не только с существенно различающимися спектральными диапазонами поглощения ими оптического излучения, но и с существенно различающимися временами «полуразрушения».

Важную роль играет выбор первоначальных концентраций красителей трехкомпонентного раствора. Если оптическая плотность трехкомпонентного раствора больше примерно 2,5, то цветовые различия между несколькими первыми облученными растворами будут небольшими, что уменьшает точность визуального определения поглощенной дозы. Высокая первоначальная концентрация трехкомпонентного раствора позволяет увеличить диапазон регистрируемых визуально радиационных доз (от первоначальной концентрации до практически полного обесцвечивания раствора), но уменьшает точность определения дозы, а уменьшая первоначальную концентрацию можно увеличить точность, но при этом уменьшается регистрируемый диапазон доз. Поэтому первоначальные концентрации красителей в трехкомпонентном растворе следует подбирать исходя из конкретных требований, предъявляемым к дозиметрам данного типа.

1. Попечиц В.И. // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: Материалы Междунар. науч.-технич. конф. – Могилев, 2014. – С. 147–148.
2. Попечиц В.И. // Приборы и методы измерений. 2015. – Т. 6, № 2, С. 173–180.
3. Попечиц В.И. // Прикладные проблемы оптики, информатики, радиофизики и физики конденсированного состояния: Материалы IV Международной научно-практич. конф. – Минск, 2017. – С. 123–126.