

ПОТЕРЯ ИНФОРМАЦИИ ТЕРМОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ДОЗИМЕТРОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ДОЗИМЕТРИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

LOSS OF INFORMATION OF THERMOLUMINESCENT DOSIMETERS DURING INDIVIDUAL DOSIMETRY CONTROL

В. И. Бразинский^{1,2}, А. Н. Скибинская^{1,2}
U. I. Brazinsky^{1,2}, H. M. Skibinskaya^{1,2},

¹Белорусский государственный университет, БГУ, г. Минск, Республика Беларусь

²Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А.Д.Сахарова», Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А.Д. Сахарова БГУ, г. Минск, Республика Беларусь
braz31122001@gmail.com; nrs@iseu.by

¹Belarusian State University, BSU, Minsk, Republic of Belarus

²International Sakharov Environmental Institute of Belarussian State University, ISEI BSU, Minsk, Republic of Belarus

В работе проведен анализ потерь информации термолюминесцентных дозиметров. Рассматриваются факторы, оказывающие преобладающее влияние на потерю информации при организации индивидуального дозиметрического контроля, а именно: фединг, человеческий фактор и чувствительность отдельных детекторов. Представлены зависимости, описывающие степень потери информации от влияния различных факторов.

The text analyzes the information loss of thermoluminescent dosimeters. The factors that have a predominant influence on the loss of information in the organization of individual dosimetric control are considered, namely: fading, the human factor and the sensitivity of individual detectors. Dependencies are presented that describe the degree of information loss from the influence of various factors.

Ключевые слова: фединг, зонная теория, индивидуальный дозиметрический контроль, ТЛД.

Keywords: fading, electronic band structure, individual dosimetric control, TLD.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2023-2-188-191>

Для регистрации ионизирующих излучений различной физической природы используются методы, основанные на физико-химических эффектах, возникающих при взаимодействии излучения с веществом. За последние десятилетия, наибольшее распространение при проведении ИДК получила твердотельная дозиметрия, где в качестве чувствительного вещества детектора излучений используются конденсированные твердые тела полупроводниковой и диэлектрической природы. Одним из таких методов, является метод термолюминесцентной дозиметрии [1].

Принципы работы термолюминесцентных (ТЛ) детекторов основаны на зонной теории твердых тел. Согласно ей, в твердом теле существует 3 зоны: валентная зона, запрещенная зона и зона проводимости. Для ТЛ-детекторов используют диэлектрики или полупроводники с большой шириной запрещенной зоны.

Метод ТЛ-дозиметрии основан на том, что некоторые вещества с определенным сочетанием дефектов кристаллической решетки примесного и собственного происхождения после возбуждения ионизирующим излучением при нагревании испускают свет.

Процедура измерения дозы термолюминесцентным дозиметром сводится к тому, что облученный дозиметр нагревается и в процессе нагрева измеряется интенсивность свечения люминесценции. Полная светосумма, выделенная в процессе нагрева, является мерой поглощенной дозы. Кривая, выражающая зависимость интенсивности люминесценции от температуры нагрева называется кривой термовысвечивания (КТВ). Для аналитического описания этой зависимости необходимо знание закона нагрева.

Наиболее распространенным материалом, используемым как люминофор в термолюминесцентной дозиметрии, является фтористый литий по ряду причин: высокая тканэквивалентность, возможность использования при дозиметрии нейтронов, относительно низкая стоимость, низкий фединг относительно других материалов ТЛ-дозиметрии и большие диапазоны линейности для световых выходов [2].

Термолюминесцентные дозиметры не являются прямо показывающими дозиметрическими системами, а, следовательно, между облучением и процессом получения информации с детектора проходит время. В течении данного времени на детектор могут воздействовать различные факторы, которые могут привести к потере информации. Фактором, оказывающим наибольшее влияние, является фединг. Так же на потерю информации влияет: чувствительность каждого отдельного детектора, нестабильность измерительного тракта считывающей аппаратуры, человеческий фактор и собственный фон установки.

Под федингом понимают процесс потери информации, накопленной ТЛ-детектором. Существует ряд причин из-за которых происходит фединг, однако основными являются воздействие температуры и времени на детектор. При влиянии термического фактора, ловушки с более низкой энергией захвата освобождаются быстрее, чем ловушки с более высокой энергией, из-за большей вероятности перехода в зону проводимости. Это может привести к большим погрешностям при оценке поглощенной детектором дозы.

Для проведения исследований использовался дозиметрический термолюминесцентный комплекс «ДОЗА-ТЛД» - качественный и высокотехнологичный прибор, предназначен для индивидуального дозиметрического контроля радиационного облучения человека. Принцип действия комплекса основан на использовании явления термолюминесценции. Данный комплекс получил широкое распространение в организациях, проводящих индивидуальный дозиметрический контроль в нашей республике, поэтому результаты, полученные на данном комплексе, представляют особый практический интерес [3].

Для определения степени потери информации от различных факторов, было рассчитано референтное значение выборки. Расчёт индивидуального эквивалента дозы проводился согласно методике [4]. На рисунке 1 представлена кривая термовысвечивания для референтных детекторов, облученных 1 мЗв.

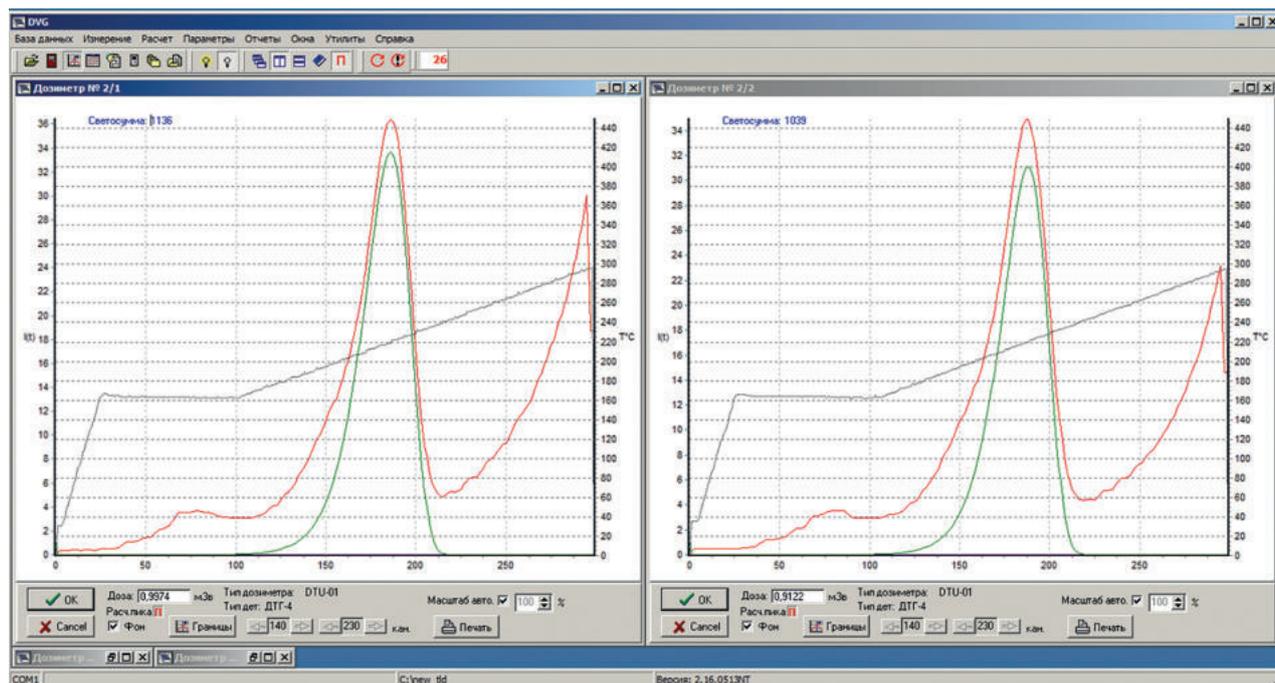


Рисунок 1 – Кривая термовысвечивания референтных детекторов, облученных 1 мЗв

В результате измерений значение индивидуального эквивалента дозы референтных детекторов, облученных 1 мЗв равно $H_p(10) = 0,94 \pm 0,32$, мЗв.

В ходе исследования был проведен ряд экспериментов для определения степени потери информации от влияния вышеизложенных факторов. В качестве исследования влияния фединга был проведен эксперимент по предварительному нагреву детектора до температур 200 °С, 250 °С и 300 °С и различным времени нагрева: 1, 5 и 10 минут.

Таким образом, значение индивидуального эквивалента дозы исследуемых термолюминесцентных дозиметрических систем, попадает в доверительный интервал референтных детекторов при значении температуры равной 200 °С и любом времени нагрева, а также при значении температуры 250 °С и времени нагрева 1, 5 и 10 минут. При значении температуры 300 °С, а также при любом времени нагрева рассчитанный индивидуальный эквивалент дозы находится вне доверительного интервала референтных значений.

Значение индивидуального эквивалента дозы от дозиметрических систем, находящегося вне доверительного интервала референтных значений можно трактовать как потерю информации. Степень потери информации будет рассчитываться по формуле:

$$k = 1 - \frac{H_{p_d}}{H_{p_p}} \quad (1)$$

где H_{p_d} – среднее значение ИЭД исследуемого детектора, мЗв;

H_{p_p} – среднее значение ИЭД референтного детектора, мЗв.

Таким образом, степень потери информации для детекторов нагретых до 300 °С в течении 1 минуты $k = 91,46$ %, нагретых до 300 °С в течении 5 минут $k = 99,86$ %, нагретых до 300 °С в течении 10 минут $k = 99,90$ %.

На рисунке 2 представлена зависимость потери информации с детектора от времени отжига при температуре 300 °С. для 1 мЗв.

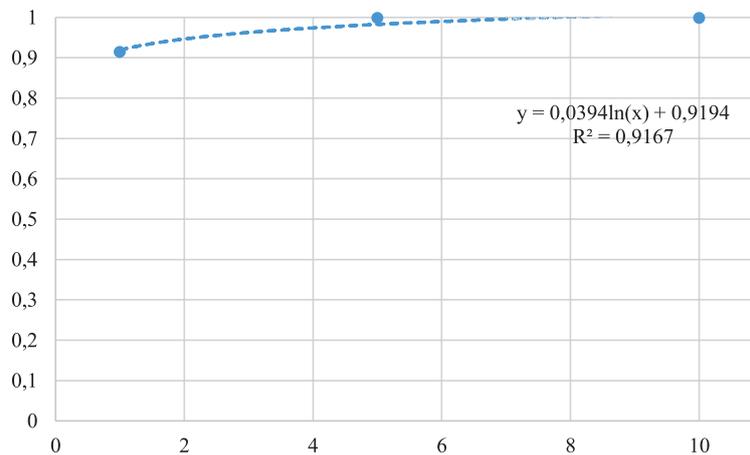


Рисунок 2 – Зависимость потери информации у детектора, отожжённого при температуре 300 °С

Из графика, представленного на рисунке 2, следует, что увеличение времени при определенной температуре, а, следовательно, увеличение средней температуры кристалла вызывает логарифмический рост потери информации с выходом на некоторую температуру, после которой потерю можно считать 100%. Этот уровень соответствует температуре 220°С, которая определяет глубину ловушки для электронов.

Для исследования влияния чувствительности отдельных детекторов была облучена кассета с 40 детекторами типа ДТГ-4, имеющие различную чувствительность в следствии видимых дефектов, дозой 1 мЗв. В результате измерений только у 25 % детекторов из выборки наблюдалась потеря информации, которая не превысила 50 % референтного значения. Исходя из полученных данных можно сделать вывод о возможном использовании малочувствительных детекторов при проведении ИДК при условии предварительной калибровки каждого отдельного детектора.

Для исследования влияния человеческого фактора был проведен ряд экспериментов, а именно: полное и частичное смещение детектора относительно фотоэлектронного умножителя (ФЭУ), одновременный отжиг двух детекторов и неправильная обработка дозиметрического пика. В результате, полученные результаты позволяют сделать следующие выводы: при одновременном отжиге нескольких детекторов или при отжиге при изменённых условиях отжига, потеря информации детектором отсутствует, а для нахождения индивидуального эквивалента дозы необходимо сделать поправки на условия отжига; при изменении положения детектора на подложке относительно ФЭУ или неправильной обработке КТВ наблюдается потеря информации, однако установить зависимость между степенью потери информации и физическими факторами не представляется возможным. Данная проблема может быть решена при корректной работе с дозиметрическим термолюминесцентным комплексом «ДОЗА-ТЛД».

Важно отметить, что некорректное использование ТЛ-дозиметров также может оказать влияние на достоверную оценку индивидуального эквивалента дозы при проведении индивидуального дозиметрического контроля. Таким примером является не соблюдение [4], что относится к потере информации. В целом, человеческий фактор является одним из сложно контролируемых, а, следовательно, является тяжело предсказуемым и требует особого внимания и контроля.

Данное исследование степени потери информации позволило сделать ряд выводов, наиболее значимыми из которых являются:

- 1) степень потери информации зависит от температуры, до которой нагревается кристалл, и описывается логарифмической функцией;
- 2) непреднамеренный отжиг нескольких детекторов или изменения условий отжига не приводит к потере информации, однако требует введения поправочных коэффициентов;
- 3) изменение положения детектора на подложке относительно ФЭУ или неправильная обработка дозиметрического пика приводит к полной потере информации, во избежание данной проблемы требуется корректная работа с дозиметрическим термолюминесцентным комплексом;
- 4) не чувствительные детекторы в большинстве случаев не теряют информацию и могут быть использованы в практических целях после калибровки.

Таким образом, изучение влияния различных факторов на степень потери информации термолюминесцентных дозиметров имеет практическую значимость и может быть использована в качестве рекомендаций к использованию и хранению термолюминесцентных дозиметрических систем при проведении индивидуального дозиметрического контроля

ЛИТЕРАТУРА

1. Кротов, В.С. Твердотельная дозиметрия / В.С. Кротов, И.И. Мильман, С.В. Никифоров. – Екатеринбург: УрФУ, 2000.
2. Иванов, В.И. Курс дозиметрии: учеб. пособие/ В.И. Иванов. – 3-е изд. – Москва: Атомиздат, 1978.

3. МВИ. МН. 5099-2014. Методика измерений индивидуального эквивалента дозы фотонного излучения с использованием дозиметров из состава комплекса дозиметрического термолюминесцентного «Доза-ТЛД»: методика измерений / научно-производственное предприятие «Доза». – Минск, 2019. – 15 с.

4. Инструкция 2.6.1. 11-11-12-2003 «Организация и проведение индивидуального дозиметрического контроля в лечебно-профилактических учреждениях». – Минск, 2003. – 9 с.

ЗАВИСИМОСТЬ ПОКАЗАНИЙ ДОЗИМЕТРА ОТ ПОЛОЖЕНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНО ИСТОЧНИКА НА МАЛЫХ РАССТОЯНИЯХ

THE DEPENDENCE OF THE DOSIMETER READINGS ON THE POSITION RELATIVE TO THE SOURCE AT SHORT DISTANCES

В. В. Бондарь^{1,2}, О. М. Хаджинова^{1,2}

V. V. Bondar^{1,2}, O. M. Khajynava^{1,2}

¹Белорусский государственный университет, БГУ, г. Минск, Республика Беларусь

²Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ, г. Минск, Республика Беларусь

nrs@iseu.by, vasilybondar58@gmail.com

¹Belarusian State University, BSU, Minsk, Republic of Belarus

²International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU, Minsk, Republic of Belarus

При контроле радиационной обстановки используется дозиметрическое оборудование, откалиброванное для определения операционной величины. Проводилась оценка мощности амбиентного эквивалента дозы от радионуклидных источников на различном расстоянии при падении излучения на торец или боковую поверхность детектора. Сравнение теоретических и экспериментальных значений показало занижение мощности амбиентного эквивалента дозы дозиметром-радиометром МКС-АТ1125 на малых расстояниях между источником и детектором. Показана необходимость учета геометрии измерений при радиационном контроле.

Radiation monitors for area monitoring purposes are calibrated in terms of operational quantities. The rate of the ambient dose equivalent from radionuclide sources at different distances was estimated when irradiating the end or side surfaces of the detector. A comparison of theoretical and experimental values showed an underestimation of the ambient dose equivalent by the radiation monitor AT1125 at short distances between the source and the detector. The necessity of taking into account the geometry of measurements during radiation monitoring is shown.

Ключевые слова: амбиентный эквивалент дозы, дозиметр, контроль радиационной обстановки.

Keywords: ambient dose equivalent, dosimeter, area monitoring.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2023-2-191-194>

Дозиметрические величины, используемые в радиационной защите в целях установления ограничения доз, называются нормируемыми. Для их оценки в ходе радиационного контроля предназначены операционные величины, которые максимально возможно приближены в стандартных условиях облучения к нормируемым величинам и предназначены для их консервативной оценки. Дозиметрическое оборудование делится на оборудование, предназначенное для индивидуального дозиметрического контроля (ИДК) и контроля радиационной обстановки. При этом используются разные операционные величины – эквиваленты доз.

Для оценки эффективной дозы внешнего облучения в случае ИДК используется значение операционной величины – индивидуальный эквивалент дозы $H_p(d)$. Для контроля радиационной обстановки используется значение амбиентного эквивалента дозы $H^*(d)$. Параметр d определяет применение операционной для оценки нормируемой величины:

- при $d=10$ мм величины $H^*(10)$ и $H_p(10)$ соответствуют эффективной дозе;
- при $d=3$ мм величины $H^*(3)$ и $H_p(3)$ соответствуют эквивалентной дозе хрусталика глаза;
- при $d=0.07$ мм величины $H^*(0,07)$ и $H_p(0,07)$ соответствуют эквивалентной дозе кожи [1].

Для контроля радиационной обстановки в случае сильнопроникающего излучения применяется операционная величина амбиентный эквивалент дозы $H^*(10)$. При этом используется концепция расширенного и выровненного поля, получаемый эквивалент не зависит от углового распределения поля излучения.