

## Стандартные образцы поглощённой дозы в процессах радиационной обработки медицинских изделий, сельскохозяйственной и пищевой продукции

Громов А. А., Жанжора А. П., Тенишев В. П., Коваленко О. И.

ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений», г.п. Менделеево, Московская область, Россия, e-mail: gromov\_a@vniifnri.ru

**Аннотация:** Показано, что радиационный технологический процесс требует валидации, которая связана с необходимостью измерений поглощенных доз, получаемых продукцией при её обработке, с требуемой точностью. Для этих целей применяются государственные стандартные образцы поглощенной дозы, разработанные и выпускаемые ФГУП «ВНИИФТРИ». Метрологические характеристики стандартных образцов обеспечивают требуемое качество измерений в радиационных технологических процессах

**Ключевые слова:** государственный стандартный образец, поглощенная доза, радиационная стерилизация, радиационная обработка, валидация, ионизирующее излучение

Радиационная стерилизация медицинских изделий и радиационная обработка пищевой и сельскохозяйственной продукции [1-5] являются промышленными технологическими процессами, которые предполагают обработку продукции ионизирующим излучением с применением специализированных радиационно-технологических установок, в качестве которых в основном используются ускорители электронов.

Любой радиационный технологический процесс является специальным, результаты которого не представляется возможным проверить в полной степени с использованием методов неразрушающих испытаний продукции. Поэтому такой процесс подлежит валидации, которая представляет собой документированную процедуру получения, регистрации и интерпретации результатов, необходимую для подтверждения того, что на выходе процесса будет получена продукция, соответствующая заранее определённым техническим требованиям.

Мерой радиационного воздействия, характеризующей эффективность взаимодействия ионизирующего излучения с веществом, является поглощенная доза. Поглощенная доза в облучаемых объектах должна быть определена необходимой точностью (не более (10-12) %, а для отдельных случаев – (7-10) % при доверительной вероятности 0,95). Для обеспечения достоверности таких измерений требуются дозиметры, не вносящие искажения в поле ионизирующего излучения, т.е. по химическому составу и эффективному атомному номеру близкие к облучаемым объектам. Этим требованиям отвечают различные типы химических дозиметров [6-10] разового применения (жидкостных, газообразных, твердотельных), в основе действия которых лежат те или иные радиационные нарушения, обусловленные передачей энергии ионизирующего излучения дозиметрической системе.

Для обеспечения дозиметрического контроля радиационных процессов в ФГУП «ВНИИФТРИ» разработаны и выпускаются соответствующие стандартные образцы утвержденного типа (ГСО). Основные метрологические характеристики ГСО [11-15] представлены в табл. 1.

Внедрение современных измерительных технологий в промышленные радиационные процессы способствует обеспечению безопасности выпускаемой продукции, необходимого уровня роста производства, решению экологических проблем, а также повышению качества метрологического обеспечения таких важных сфер деятельности как здравоохранение и производство сельскохозяйственной и пищевой продукции.

Таблица 1. Основные метрологические характеристики ГСО

Характеристики	Тип ГСО				
	СО ПД(Ф)Р- 5/50	СО ПД(Ф)Э- 5/50	СО ПД(Ф)Р- 30/200	СО ПД(Э)- 1/10	СО ПД(ДТС)- 0,05/10
Диапазон поглощенных доз, кГр	5 - 50	5 - 150	30 - 200	1 - 10	0,05 - 10
Диапазон мощностей поглощенных доз, Гр/с	$10^{-1} - 10^5$	$10^{-1} - 10^5$	$10^{-1} - 10^5$	$10^{-1} - 10^5$	$10^{-3} - 10^3$
Диапазон энергии излучения, МэВ					
для фотонного излучения	0,66; 1,25	0,66; 1,25	0,66; 1,25	0,66; 1,25	0,66; 1,25
для электронного излучения	0,3 - 10	0,3 - 10	0,3 - 10	0,3 - 10	-
Границы допускаемых значений относительной погрешности аттестации при $P=0,95$ , %	7	3	7	7	5 (50-500 Гр) 7 (1-10 кГр)
Относительная погрешность измерения поглощенной дозы при $P=0,95$ , не более, %	12	7	15	15	10 (50-500 Гр) 15 (1-10 кГр)

## ЛИТЕРАТУРА

1. Громов А.А., Жанжора А.П., Коваленко О.И. Вопросы обеспечения эффективности дозиметрических измерений при проведении радиационной обработки пищевой продукции // Альманах современной метрологии. 2020. № 2(22). С.171–184.
2. Коваленко О.И., Тенишев В.П. Средства измерений для контроля поглощенной дозы при радиационной обработке пищевой и сельскохозяйственной продукции // Ядерно-физические исследования и технологии в сельском хозяйстве: сб. докл. Междунар. науч.-практич. конф., Обнинск, 16-18 сентября 2020 г. Екатеринбург: С. 335–337.
3. Громов А.А., Жанжора А.П., Коваленко О.И. Безопасность медицинских изделий однократного применения категории «Стерильно» // Менеджмент качества в медицине. 2020. № 4. С. 109–113.
4. Громов А.А., Жанжора А.П., Коваленко О.И. Применение стандартных образцов поглощенной дозы при валидации процессов радиационной стерилизации медицинских изделий и радиационной обработки пищевой продукции // Эталоны. Стандартные образцы. 2021. Т. 17. № 4. С. 23–32. <https://doi.org/10.20915/2687-0886-2021-17-4-23-32>
5. Generalova V.V., Gromov A.A., Kovalenko O.I. Ensuring uniformity of measurements of absorbed doses of intensive photon and electron radiation in radiation technologies // Journal of applied mathematics and physics. 2015. Vol.3. no.8. P. 942–946.
6. Цветовой визуальный индикатор поглощенной дозы ионизирующего излучения и способ его изготовления: пат. 2225625 РФ; заявл. 11.02.2002; опубл. 10.03.2004.
7. Correction to: Spectral, Dosimetric, and Metrological Characteristics of Radiochromic Radiation-Sensitive Compositions / V.P. Tenishev [et al.] // Measurement Techniques. 2021. Vol. 63. no. 10, P. 848. <https://doi.org/10.1007/s11018-021-01863-y>
8. Тенишев В.П. Спектрально-дозиметрические свойства радиохромных (пленочных) многослойных структур // Метрология физико-химических измерений: сб. докл. V Международной научно-технической конференции, 14-16 сентября 2021 г., Менделеево: ФГУП «ВНИИФТРИ», С.209–210.
9. Tenishev V.P., Emelyanenko I.A. Radiation-Sensitive Film Compositions for Measuring Absorbed Doses Within the 100–1000 Gy Range // Reference materials in measurement and technology. 2020. P. 131–139. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-32534-3\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-030-32534-3_13)
10. Тенишев В.П. Спектральные, дозиметрические и метрологические характеристики радиохромных радиационно-чувствительных композиций // Измерительная техника. № 8. 2020. С. 59–65. <https://doi.org/10.32446/0368-1025it.2020-8-59-65>
11. ГСО 9447-2009 Стандартный образец поглощенной дозы фотонного излучения (силикатное стекло с добавкой никеля) СО ПД(ДТС)-0,05/10 // Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений: официальный сайт. 2017. URL: <https://gis.gost.ru/fundmetrology/registry/19/items/390738> (дата обращения: 22.07.2022).

12. ГСО 7865-2000 Стандартный образец поглощенной дозы фотонного и электронного излучений (сополимер с феназиновым красителем) (МСО №1735:2011) СО ПД(Ф)Р-5/50 // Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений: официальный сайт. 2017. URL: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/19/items/392119> (дата обращения: 22.07.2022).
13. ГСО 7903-2001 Стандартный образец поглощенной дозы фотонного и электронного излучений (сополимер с феназиновым красителем) СО ПД(Ф)Р-30/200 // Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений: официальный сайт. 2017. URL: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/19/items/392083> (дата обращения: 22.07.2022).
14. ГСО 7904-2001 Стандартный образец поглощенной дозы фотонного и электронного излучений (сополимер с феназиновым красителем) (МСО №1757:2012) СО ПД(Ф)Э-5/50 // Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений: официальный сайт. 2017. URL: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/19/items/392082> (дата обращения: 22.07.2022).
15. ГСО 8916-2007 Стандартный образец поглощенной дозы фотонного и электронного излучений (сополимер с 4-диэтиламиноазобензоловым красителем) СО ПД(Э)-1/10 // Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений: официальный сайт. 2017. URL: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/19/items/391269> (дата обращения: 22.07.2022).