

УДК 539.16.08

## **МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДОЗИМЕТРИИ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ**

**А.В. Берлянд, В.А. Берлянд**

*ФГУП «ВНИИФТРИ», Менделеево, Московская обл.  
berlyand\_av@vniiftri.ru*

*В статье говорится о важности, наряду с метрологическим обеспечением, методического обеспечения измерений в клинической дозиметрии. Поднимается вопрос о необходимости разработки документа, регламентирующего процесс передачи единиц поглощённой дозы в воде от эталонов соответствующих величин дозиметрам, используемым в клиниках.*

*Ключевые слова: дозиметрия, лучевая терапия, методическое обеспечение, методические указания, поглощённая доза.*

## **METHODOLOGICAL SUPPORT OF DOSIMETRY FOR PURPOSES OF RADIATION THERAPY**

**A.V. Berliand, V.A. Berliand**

*FSUE "VNIIFTRI", Mendeleevo, Moscow region  
berlyand\_av@vniiftri.ru*

*The article talks about the importance, along with metrological support, of methodological support for measurements in clinical dosimetry. The question about the necessity of developing a document regulating the process of transferring units of the absorbed dose in water from the standards of the corresponding values to the dosimeters used in clinics is raised.*

*Key words: dosimetry, radiation therapy, methodological support, methodological instructive regulations, absorbed dose.*

Одним из основных видов применения ионизирующих излучений является лучевая терапия, используемая для лечения онкологических заболеваний. Для этих целей применяются различные виды излучений: электронное и гамма-излучение, рентгеновское излучение, протонное излучение и гамма-излучение при брахитерапии, потоки тяжёлых заряженных частиц, нейтронное излучение. Согласно накопленным данным, считается, что для успеха лечения необходимо, чтобы доза, полученная пациентом, не отличалась от заданной более чем на 5%.

Погрешность в 5% складывается из составляющей, отвечающей за точность позиционирования пациента относительно источника ионизирующего излучения и точности определения поглощённой дозы. Эта составляющая оценивается на уровне 3%. Отсюда вытекает основная метрологическая задача — измерения поглощённой дозы с максимально возможной точностью.

---

*Альманах современной метрологии, 2019, № 3 (19)*

Решение данной задачи предполагает создание и дальнейшее развитие методов и средств воспроизведения единицы поглощённой дозы, а также методов и средств передачи единицы.

Принимая во внимание конечный результат — успех лечения, наряду с вопросом метрологического обеспечения возникает вопрос методического обеспечения измерений в клинической дозиметрии.

Длительное время, до появления эталонов поглощённой дозы, измерения поглощённой дозы в воде в клиниках осуществлялись с использованием дозиметров с ионизационными камерами, которые калибровались в единицах сначала экспозиционной дозы, а затем воздушной кермы. Цепочка перехода от кермы в воздухе к дозе в воде содержит много составляющих неопределённости, обусловленных использованием ряда коэффициентов. Наибольший вклад в неопределённость результатов измерений, по данным, приведённым в рекомендациях МАГАТЭ TRS-277 и TRS-381, возникает из-за введения большого числа поправочных коэффициентов, приводящего к стандартной неопределённости до 3–4%.

Важными этапами в развитии системы обеспечения единства измерений поглощённой дозы в России можно считать разработку и выпуск методических указаний РД 50-691-89 «Поглощённые дозы фотонного (1–50 МэВ) и электронного (5–50 МэВ) излучений в лучевой терапии». Этот документ был первым в мировой практике, который регламентировал передачу размеров единиц поглощённой дозы в воде терапевтическим дозиметрам от эталона поглощённой дозы. В настоящее время в России система обеспечения единства измерений поглощённой дозы фотонного и электронного излучения основывается на Государственном первичном эталоне единицы поглощённой дозы.

В 2000 г. были выпущены Международные практические рекомендации по определению поглощённой дозы при дистанционной лучевой терапии, основанные на эталонах поглощённой дозы IAEA TRS-398. В этом документе отмечается, что к настоящему времени накоплен очень небольшой опыт в области первичных эталонов единицы поглощённой дозы низкоэнергетического рентгеновского излучения. Неопределённость значения чувствительности ионизационных камер, полученная с помощью первичного эталона, оценивается в 1%. Если калибровочный коэффициент в единицах поглощённой дозы в воде рассчитывается с использованием эталона кермы в воздухе, неопределённость этого коэффициента оценивается в 3% и даёт наибольший вклад в суммарную неопределённость значения поглощённой дозы.

В последние годы появилось много новых высокоточных дозиметров для использования в лучевой терапии, в том числе отечественный прибор ДКС-101 (Политехформ-М), клинические дозиметры ДКС-АТ 5350 (Atomtex), DOSE-1 (IBA Dosimetry), Unidos (PTW), Supermax (Standard Imaging) и ряд

других дозиметров. Выпуск новых высокоточных средств измерений поглощённой дозы явился ответом на запросы практики. Современные технологии в лучевой терапии, например, средства диагностики для определения объёма мишени, 3D-системы планирования и новейшие ускорители электронов, рентгеновские аппараты и гамма-установки новых моделей, могут применяться эффективно, только если доза определяется и передаётся пациенту с высокой точностью.

С момента выпуска Методических указаний РД 50-691-89 количество видов излучений, применяемых в лучевой терапии, и количество высокоточных средств измерений, применяемых в клинической дозиметрии, сильно выросло. При этом новых документов, удовлетворяющих требованиям практики, разработано не было. В настоящее время медицинские физики вынуждены использовать для целей клинической дозиметрии в основном зарубежные рекомендации. В связи с этим, важно отметить то, что существующие международные рекомендации не покрывают весь диапазон применяемых видов излучения и не учитывают особенности системы обеспечения единства измерений, применяемой в России. Учитывая то, что не существует единого подхода, регламентирующего все основные операции при определении поглощённой дозы для целей лучевой терапии, разные лечебные заведения могут применять различные методы определения поглощённой дозы, что приводит к существенным отличиям в точности таких измерений.

Решением данной проблемы может стать разработка отечественного документа, основанного на международных рекомендациях, таких как IAEA TRS-398, ICRU 64, ICRU 72, IEC 60731-2011, IEC 62467-1-2009, IAEA TecDoc1274, ISO 2143-2009, AAPM TG-51 protocol. Основная задача такого документа будет заключаться в том, чтобы регламентировать процесс передачи единиц поглощённой дозы в воде от эталонов соответствующих величин дозиметрам, используемым в клиниках, а также измерения доз и определение прочих параметров излучения при проведении лучевой терапии.

Вопрос методического обеспечения актуален и при вводе ускорительных установок в эксплуатацию для целей лучевой терапии и при создании на их основе комплексов испытательного оборудования. Разрабатываемый документ призван также регламентировать определение необходимых в данных случаях параметров излучения.

### **Литература**

1. Берлянд, А.В., Берлянд В.А., Брегадзе Ю.И. Государственный первичный эталон единиц мощности поглощённой дозы фотонного и электронного излучений, его совершенствование и результаты ключевых сличений // Измерительная техника. 2010. № 2. С. 3.
2. Ставицкий Р.В. Аспекты клинической дозиметрии. М.: МНПИ, 2000.

3. IAEA TRS-277 Absorbed dose determination in photon and electron beams: An international code of practice: Technical report. Vienna: International Atomic Energy Agency, 1987.
4. IAEA TRS-381 The use of plane parallel ionization chambers in high energy electron and photon beams: An international code of practice for dosimetry: Technical report. Vienna: International Atomic Energy Agency, 1997.
5. IAEA TRS-398 Absorbed dose determination in external beam radiotherapy: an international code of practice for dosimetry based on standards of absorbed dose to water: Technical report. Vienna: International Atomic Energy Agency, 2000.
6. IAEA TRS-469 Calibration of reference dosimeters for external beam radiotherapy: Technical report. Vienna: International Atomic Energy Agency, 2009.
7. ICRU Radiation dosimetry: x-rays and gamma-rays with maximum energies between 0,6 MeV and 50 MeV: Report № 14. Washington: ICRU, 1969.