

ГЛОССАРИЙ ТЕРМИНОВ И ПОНЯТИЙ МЕДИЦИНСКОЙ РАДИАЦИОННОЙ ФИЗИКИ. ТЕРМИНОЛОГИЯ В ОБЛАСТИ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ ПУЧКАМИ ПРОТОНОВ И ЛЕГКИХ ИОНОВ*

С.М. Ватницкий

Центр ионной терапии МедАустрон, Винер Нойштадт, Австрия

Медицинская радиационная физика решает комплекс задач, связанных с обеспечением лечебно-диагностического процесса, основанного на использовании ионизирующих излучений в лучевой терапии, ядерной медицине, лучевой диагностике и радиационной безопасности пациентов и персонала. Однако успешная реализация этого процесса требует тесного взаимодействия специалистов во всех указанных выше областях медицинской радиационной физики. Основой такого взаимодействия является единство и унификация терминологии и понятий, используемых на различных этапах лечебно-диагностического процесса. Особенно это важно применительно к высоким технологиям подготовки и проведения лучевой терапии, в том числе терминам и понятиям, используемым в лучевой терапии пучками протонов и лёгких ионов, так как описание этой терминологии в русскоязычной литературе практически отсутствует. В работе представлен глоссарий терминов в области лучевой терапии пучками протонов и легких ионов, который содержит наиболее часто используемые термины, а также разъяснения для каждого из них. Глоссарий предназначен для использования как в профессиональном образовании, в том числе и последипломном, так и для медицинских физиков и радиационных онкологов, работающих в радиологических медицинских организациях.

Ключевые слова: *медицинская радиационная физика, лучевая терапия, пучки протонов и легких ионов, терминология*

DOI: 10.52775/1810-200X-2022-95-3-71-85

Введение

Медицинская радиационная физика решает комплекс задач, связанных с обеспечением лечебно-диагностического процесса, основанного на использовании ионизирующих излучений в лучевой терапии, ядерной медицине, лучевой диагностике и радиационной безопасности пациентов и персонала. Однако успешная реализация этого процесса требует тесного

взаимодействия специалистов во всех указанных выше областях медицинской радиационной физики. Основой такого взаимодействия является единство и унификация терминологии и понятий, используемых на различных этапах лечебно-диагностического процесса.

Если в англоязычной научной, учебной и методической литературе в области медицинской радиационной физики накоплен большой

* От редакции: В предыдущем номере журнала (№ 2, 2022) была опубликована статья С.М. Ватницкого с тем же названием, что и данная статья. В результате технического сбоя в № 2 журнала была опубликована не итоговая, а черновая версия статьи. Редакция приносит свои извинения автору статьи и читателям журнала за допущенный сбой. При цитировании данной статьи просьба приводить библиографические данные не из № 2, а из № 3 журнала.

объем информации, позволяющий обеспечить указанные единство и унификацию, то в русскоязычной литературе терминологическая система, особенно применительно к новым технологиям, до последнего времени практически отсутствовала. Это приводило к тому, что в клинике использовались пособия и переводная литература, подготовленные специалистами разной квалификации, применяющими различную, а порой и неправильную терминологию.

Определенная работа по внедрению правильной терминологической системы для русскоязычных стран по отдельным направлениям медицинской радиационной физики была проведена Секцией медицинской радиационной физики и дозиметрии МАГАТЭ, которая подготовила и опубликовала в переводе на русский язык несколько руководящих документов [1–3]. В 2005 г. МАГАТЭ опубликовало руководство, представляющее собой всесторонний обзор сведений по современному физико-техническому обеспечению лучевой терапии [4]. Пособие было проиллюстрировано набором из приблизительно 2000 слайдов для преподавателей и студентов, которые были переведены с английского на русский язык в 2006 г. и широко использовались в русскоязычных странах при преподавании медицинской радиационной физики. И наконец, учебное пособие [5], вышедшее в России в 2008 г., было одним из шагов, которым авторы попытались восполнить пробел в обеспечении русскоязычной терминологии и понятий в области медицинской радиационной физики. Следует также отметить, что в 2000-е годы Всероссийским научно-исследовательским и испытательным институтом медицинской техники был подготовлен перевод на русский язык нескольких стандартов Международной электротехнической комиссии (МЭК), относящихся к общей терминологии для медицинских электрических изделий, дозиметров и ускорителей для лучевой терапии [6–9]. Однако несмотря на эти усилия, терминологическая система медицинской радиационной физики, которая является одной из важнейших методологических основ в любой научной и практической деятельности, так и не была создана.

В дальнейшем работы по унификации русскоязычной терминологии проводила Ассоциация медицинских физиков России (АМФР), которая опубликовала краткий англо-русский словарь терминов по медицинской физике, радиационной безопасности и медицинской радиологии и терминологический словарь по

ядерной медицине. Однако, если первая публикация касалась только тех терминов, дословный перевод которых с английского языка на русский либо вызывал лексические затруднения, либо приводил к неоднозначности термилируемых понятий из-за отсутствия расшифровки, то во второй публикации отсутствовал перевод представленных там терминов на английский язык. Для устранения этих недостатков авторы недавно вышедшей работы представили развернутый терминологический словарь – Глоссарий по медицинской радиологии в целом, то есть по совокупности лучевой диагностики, ядерной медицины и радиационной безопасности. Данный Глоссарий устанавливал смысловое соответствие между русской и английской версиями каждого термина и предоставлял расшифровки соответствующего понятия. Необходимо отметить, что для расширения аудитории пользователей авторы использовали информационный уровень, доступный для читателей с минимальной предварительной подготовкой в области медицинской радиологии. Такая адаптация хотя и позволяет облегчить освоение сложной специальности начинающими специалистами, а непрофессионалам поднять уровень своей компетенции в новой для них области медицины, но в то же время снижает качество и уровень трактовки терминов, необходимые профессионалам. Это связано с тем, что из многообразия терминов каждого раздела – лучевой диагностики, лучевой терапии и ядерной медицины – авторам пришлось выбирать сравнительно небольшое количество терминов и соответствующих понятий с достаточной информативностью, и адаптировать их к пониманию читателей с невысоким уровнем профессиональной подготовки.

Несмотря на очевидную пользу такого адаптированного Глоссария, по-прежнему существует необходимость разработки развернутого глоссария по отдельным составляющим медицинской радиационной физики для профессионалов. Это продиктовано в первую очередь стремительным развитием новых средств, технологий и клинической применимости ионизирующих излучений в таких продвинутых медицинских технологиях, как лучевая терапия, ядерная медицина и лучевая диагностика. В качестве первого шага в этом направлении необходимо унифицировать терминологию и создать Глоссарий для наиболее обширного раздела медицинской радиационной физики, которая обеспечивает лечебные техноло-

гии – радиационной онкологической физике или физике лучевой терапии. При разработке и введении в практику средств и методов лучевой терапии чрезвычайно важно, чтобы использование научных и технических понятий было ясным и точным. С этой целью в предлагаемом Глоссарии приведены определения и пояснения технических терминов, используемых в лучевой терапии и представлена информация об их употреблении.

При подготовке Глоссария нами в качестве основы были использованы указанные выше публикации МАГАТЭ и переведённые стандарты МЭК, проанализированы публикации, подготовленные группой авторов под руководством Б.Я. Наркевича [10–12] и адаптирован ряд предложенных терминов, а в некоторых случаях термины воспроизведены с соответствующей ссылкой.

Главная цель Глоссария заключается в том, чтобы унифицировать терминологию и ее употребление в практике лучевой терапии. Глоссарий служит следующим целям:

- а) разъяснять значения незнакомых читателю технических терминов;
- б) рекомендовать термины, которые следует использовать в практике лучевой терапии, в учебниках и пособиях, издаваемых на русском языке, (а также термины, которые не рекомендуется использовать), и определения, которыми их следует снабжать.

Глоссарий составлен в соответствии с потоком операций, выполняемых в рамках технологического процесса подготовки и проведения лучевой терапии, и основное внимание уделено высоким технологиям подготовки и проведения лучевой терапии:

- ✓ виды лучевой терапии и радиационно-терапевтические аппараты;
- ✓ дозиметрическое сопровождение лучевой терапии;
- ✓ планирование и контроль дистанционной лучевой терапии;
- ✓ планирование и контроль контактного облучения радионуклидными источниками;
- ✓ гарантия качества лучевой терапии;
- ✓ практическое обеспечение лучевой терапии пучками протонов и лёгких ионов.

Так как описание терминологии, используемой в лучевой терапии пучками протонов и лёгких ионов в русскоязычной литературе практически отсутствует, в настоящей работе в качестве первого шага представлены термины и понятия, относящиеся к разделу медицин-

ской радиационной физики лучевой терапии пучками протонов и лёгких ионов.

С целью облегчения работы читателей журнала с англоязычными литературными источниками в данном разделе Глоссария, как и во всех последующих, термины размещены в соответствии с латинским (английским) алфавитом.

Терминология, используемая в радиационной физике лучевой терапии протонами и лёгкими ионами

Beam delivery system – Система доставки пучка (СДП)

Комплект оборудования, включающий в себя ускоритель заряженных частиц, систему транспортировки пучка из ускорителя в процедурные кабинеты, штатив и радиационную головку, устанавливаемую либо на штатив, либо на стационарные держатели для облучения горизонтальным или вертикальным пучком.

Beam intensity – Интенсивность пучка*

Интенсивность – этот термин обозначает плотность потока энергии излучения или частиц, которая равна произведению мощности флюенса (плотности потока) на энергию частиц. В соответствии с Докладом 33 МКРЕ этот термин должен переводиться как “мощность флюенса энергии”, а термины “плотность потока энергии” и “интенсивность” к использованию не рекомендуются. Однако, в соответствии с ГОСТ 15484–81, термин “плотность потока энергии” узаконен, тогда как термины “интенсивность” и “мощность флюенса энергии” в нем отсутствуют вообще. Тем не менее, в ряде русскоязычных публикаций термин “интенсивность” часто употребляется благодаря его краткости и кажущейся очевидности (в первую очередь в связи с лучевой терапией с модуляцией интенсивности), хотя и не всегда правильно, когда с его помощью терминируются другие физические величины и понятия, далекие от соответствия указанному здесь физическому смыслу.

* Термин воспроизведен в соответствии с формулировкой, приведенной в: Наркевич Б.Я. и соавт. Разработка глоссария терминов и понятий по медицинской радиологии и радиационной безопасности. Мед. физика. 2020; (2): 61–86.

Beamlet (for scanning beams and IMPT) – Конечный тонкий луч – сканирующие пучки и ЛТМИ пучками протонов и лёгких ионов

Понятие **beamlet** было введено в рассмотрение при разработке алгоритмов расчёта дозы фотонных пучков в ЛТМИ. Следует отметить, что понятие, соответствующее **beamlet – конечный тонкий луч** используется и в научной русскоязычной литературе при описании алгоритмов расчёта доз фотонных пучков. Применительно к пучкам протонов и лёгких ионов понятием **beamlet** стали характеризовать пучок моноэнергетических заряженных частиц с поперечным сечением малого размера, входящий в радиационную головку и достигающий пациента или фантом, не будучи рассеянным или модулированным. С развитием техники сканирующих пучков другое модельное понятие **finite size pencil beam** или просто **pencil beam**, использовавшееся в алгоритмах расчёта дозных распределений, тоже стали широко применять для описания сканирующих узких пучков (**pencil beam scanning**). Несмотря на многочисленные указания в англоязычных публикациях об эквивалентности этих двух понятий, мы рекомендуем использовать понятие **конечный тонкий луч (beamlet)** в модельном контексте, связанным с расчётом дозных полей, а понятие **узкий пучок (pencil beam)** использовать при описании метода облучения сканирующими пучками заряженных частиц.

Beamlet intensity – Весовой вклад конечных тонких лучей

Весовой вклад конечных тонких лучей или их конечных сечений при сканировании узкими пучками, выраженный количеством мониторинговых единиц или числом протонов (лёгких ионов) на конечное сечение пучка. На практике весовой вклад конечных тонких лучей (узких пучков) или их конечных сечений определяется при планировании протонной (ионной) терапии с модуляцией интенсивности.

Beamline – Устройство для доставки пучка

Устройство или комбинация устройств для доставки пучка в определенное место (например, в процедурный кабинет).

Beam-specific PTV – Планируемый объём мишени для пучка заряженных частиц

Планируемый объём мишени (ПОМ), у которого латеральные отступы определены так же как и в традиционной лучевой терапии, а дистальные и проксимальные отступы рассчитаны в зависимости от неопределённости пробега пучка заряженных частиц. Этот термин используется при планировании лучевой терапии пассивно рассеянными заряженными частицами.

Beam tuning – Настройка пучка

Настройка параметров ускорителя, магнитов и устройств системы транспортировки пучка заряженных частиц в процедурные кабинеты для оптимизации характеристик терапевтического пучка.

Biological dose – Биологическая доза

Биологически эквивалентная доза определяется произведением физической поглощённой дозы на относительную биологическую эффективность (ОБЭ) пучка заряженных частиц для рассматриваемой ткани. В случае легких ионов ОБЭ зависит от глубины и от величины дозы, поглощенной в ткани. Использование биологически эквивалентной дозы позволяет сравнить результаты, полученные при проведении традиционной лучевой терапии с результатами лучевой терапии с помощью легких ионов.

Blanket bolus – Однослойный болус

Слой водозэквивалентного материала однородной толщины, наложенный на поверхность тела пациента для уменьшения глубины проникновения пучка заряженных частиц. Иногда такой однослойный болус используется для увеличения поверхностной дозы.

Bolus (compensator) – Болус (компенсатор)

Устройство, позволяющее компенсировать неоднородности тканей и кривизну поверхности тела пациента и придать распределению дозы в его дистальной части конфигурацию, соответствующую конфигурации дистальной части мишени облучения. Это достигается путём изменения проникающей способности заряженных частиц за счёт использования различных толщин материала болуса в поперечном сечении пучка. Болус обычно изготавливается из материала, рассеивающего и поглощающего свойства которого близки к свойствам воды, и устанавливается в пучке как

можно ближе к телу пациента для снижения влияния рассеяния.

Bolus expansion – Расширение болуса

Изменение параметров болуса, основанное на расчёте трассировки лучей т.е. путём отслеживания взаимодействия частиц вдоль отдельных лучей пучка за счёт многократного кулоновского рассеяния, погрешностей укладки и движения пациента. Этот термин используется при планировании лучевой терапии пассивно рассеянными заряженными частицами.

Bragg curve – Кривая Брегга

Распределение дозы вдоль центральной оси по глубине для ограниченного тонкого луча или для широкого моноэнергетического пучка протонов и лёгких ионов.

Bragg peak – Пик Брегга

Узкая часть распределения дозы вдоль центральной оси пучка вблизи максимума на конце пробега протонов и лёгких ионов.

Control point – Контрольная точка (КТ)

Этот термин относится к стандарту DICOM RT. Он описывает группу параметров радиационно-терапевтического аппарата, которые изменяются в процессе облучения. Например, в случае лучевой терапии с использованием сканирования пучками протонов и лёгких ионов, КТ описывает положения и весовой вклад набора узких пучков в данном слое облучаемой области.

Contour scanning – Контурное сканирование

Способ облучения сканирующим пучком, при котором узкий пучок следует по траектории концентрических контуров.

Core and halo – Ядро и ореол

По мере остановки пучка протонов или лёгких ионов в среде создаваемое распределение дозы обусловлено не только компонентами взаимодействия первичных заряженных частиц со средой, но и содержит загрязняющие пучок составляющие. Дозовые компоненты, соответствующие первичному пучку, называют ядром. Область низкой дозы, обусловленная вторичными частицами, образованными в системе доставки пучка и теле пациента, прости-

рающаяся за границы латеральной и дистальной полутени, называют ореолом.

Cyclotron – Циклотрон

Циклический ускоритель, в котором заряженные частицы ускоряются по спиральной траектории внутри камеры, состоящей из двух полуцилиндрических электродов (дуантов). Камера помещается в зазор между двумя полюсами магнита с магнитной индукцией порядка 1 Тл. Циклотроны широко используются в качестве ускорителя в протонной терапии. В синхротронах синхронизация между электрическим полем и прохождением частиц осуществляется модуляцией частоты, т.е. её уменьшением по мере увеличения массы протонов с увеличением энергии при большем радиусе, что обеспечивает сокращение времени прохождения через дуанты. Недостатком синхротрона является генерация импульсного пучка, однако такой пучок с частотой макроимпульсов около 450 Гц может быть адаптирован для протонной терапии и используется в ряде центров, например, в Бостоне, Упсале и Орсе.

Distal fall-off region – Дистальный спад дозы

Дистальная спадающая часть глубинного распределения дозы за пиком Брегга, или за модифицированным пиком Брегга.

Distal blocking – Дистальное блокирование

Способ снижения дозовой нагрузки на критические органы, находящиеся за мишенью облучения при лучевой терапии пучками пассивно рассеянных протонов или лёгких ионов. Это достигается модификацией болуса путём создания “псевдо-структур”, т.е. изменением контура мишени облучения или, соответственно, контуров критических органов.

Distal penumbra – Дистальная полутень

Расстояние от точки на дистальной части пика Брегга (модифицированного пика Брегга), где доза соответствует 80 % от дозы в пике (или в центре модифицированного пика Брегга) до точки, где доза соответствует 20 % -й дозе.

Distal edge tracking – Отслеживание дистальной кромки

Оптимизированная стратегия ЛТМИ пучками протонов и лёгких ионов, при которой конечные сечения каждого пучка помещают

только на дистальной кромке мишени облучения.

Dose delivery – Подведение дозы

Реализация дозиметрического плана на радиационно-терапевтическом аппарате.

Double scattering – Двойное рассеяние

Способ рассеяния пучка заряженных частиц с целью увеличения его поперечного сечения, при котором используется пара рассеивающих устройств, установленных на центральной оси пучка. Одно из них является плоским рассеивателем (первый рассеиватель), а второе представляет собой рассеиватель сложного профиля (второй рассеиватель). Этот способ позволяет более эффективно использовать пучок по сравнению с методикой одиночного рассеивания.

Effective source-to-axis distance – Эффективное расстояние источник–ось

Расстояние между точкой, находящейся между изоцентром и выходным окном ускорителя, к которой может быть применён закон обратных квадратов при расчете дозы в зависимости от расстояния от этой точки до точки рассмотрения.

Energy absorber – Поглотитель энергии

Пластина из водоэквивалентного материала постоянной толщины, установленная в сканирующем пучке вблизи поверхности тела пациента, для достижения следующих целей: (1) уменьшить пробег заряженных частиц для облучения неглубоко расположенных опухолей (2) расширить пик Брегга и тем самым уменьшить количество слоёв тела пациента подлежащих облучению и соответственно количество энергий частиц, выводимых из ускорителя, и тем самым сократить продолжительность облучения.

Energy degrader – Деградатор энергии

Устройство для уменьшения энергии заряженных частиц в системе транспортировки пучка из циклотрона в процедурные кабинеты. Различие между поглотителем энергии и деградатором энергии состоит в том, что поглотитель энергии устанавливается между выходным окном радиационной головки и пациентом, а деградатор энергии устанавливается вне процедурного кабинета на выходе пучка из ускорителя.

Energy layer – Слой облучения

Слой тела пациента или фантома, соразмерные ширине пика Брегга для заряженных частиц соответствующей энергии, на которые разделяется область мишени облучения при сканировании узкими пучками.

Energy per nucleon – Энергия на нуклон

Полная кинетическая энергия иона, разделенная на число нуклонов в ядре.

Energy stacking – Штабелирование энергий

Пошаговое изменение энергии пучка заряженных частиц, выводимых из ускорителя для подведения дозы к различным слоям тела пациента или фантома, соразмерным ширине пика Брегга для соответствующей энергии.

Entrance-to-peak dose ratio – Отношение доз на входе и в пике

Отношение поглощенной дозы на оси пуска на глубине 0,5 мм к величине поглощенной дозы в пике Брегга (в центре модифицированного пика Брегга), при этом обе величины должны быть измерены в фантоме, находящимся на определенном расстоянии от края радиационной головки.

Faraday cup – Цилиндр Фарадея

Прибор, предназначенный для измерения числа заряженных частиц пучка путем поглощения первичных частиц в коллекторе и измерения аккумулированного электрического заряда.

Field patching – Стыковка полей

Облучение отдельных частей опухоли разными пучками пассивно рассеянных протонов или лёгких ионов при совмещении границ пучков на линии стыковки. Таким образом можно создать конформное распределение дозы, используя проходящий пучок (*through beam*) и примыкающий пучок (*patch beam*), каждый из которых облучает соответствующую часть опухоли. Наиболее часто на линии стыковки совмещают границу бокового распределения дозы в поперечном сечении проходящего пучка и дистальную часть глубинного распределения дозы для примыкающего пучка. В последнее время такая методика стыковки полей стала также применяться при использовании сканирования узкими (параллельными) пучками.

Flash therapy – Мгновенная терапия

Методика лучевой терапии, позволяющая отпуск большой дозы (~40 Гр) за микросекунды и реализуемая в настоящее время как на конвенциональных фотонных, так и на протонных радиационно-терапевтических установках. Этот способ лучевой терапии позволяет уничтожить клетки опухоли, практически не затрагивая клетки нормальных тканей. В настоящее время это объясняется мгновенным снижением уровня кислорода в нормальных клетках, что делает их радиорезистентными.

Fluence – Флюенс*

Флюенс – в случае пучка частиц – это отношение числа частиц dN в пучке, пересекших перпендикулярную пучку элементарную площадку dS за данный промежуток времени, к площади этой площадки. В случае диффузного поля частиц, флюенс в точке определяется как отношение числа частиц, проникших в элементарную сферу с центром в этой точке, к площади поперечного сечения этой сферы $\Phi = dN/dS$. Единицы измерения – m^{-2} . Величина $1 m^{-2}$ – такой флюенс, при котором в объем сферы с площадью поперечного сечения $1 m^2$ попадает одна частица. Понятие флюенс может употребляться в контексте лучевой терапии с модуляцией интенсивности, при этом вместо элементарной площадки dS подразумевают конечное сечение узкого пучка.

* Термин воспроизведен в соответствии с формулировкой, приведенной в: Наркевич Б.Я. и соавт. Разработка глоссария терминов и понятий по медицинской радиологии и радиационной безопасности. Мед. физика. 2020; (2): 61-86.

Fragmentation – Фрагментация

Распад первичных частиц на более лёгкие фрагменты в результате взаимодействия ионов с ядрами элементов материала устройств, через которые проходит пучок, или с тканью человека. Ядра, возникающие при фрагментации, имеют примерно такую же скорость, как падающий ион, и такие ядра достигают более глубоких областей, по сравнению с теми, где останавливаются первичные падающие частицы. При этом присутствуют атомные ядра много видов с различными энергетическими распределениями.

Fragmentation tail – Фрагментационный хвост

Наличие дозы за пиком Брега (или модифицированным пика Брега) за счёт фрагментации падающих частиц.

Gantry – Гантри

Конструкция, прецезионно вращаемая вокруг пациента, лежащего в горизонтальном положении на терапевтическом столе, на котором закреплена система противовесов и магнитов для проводки пучка заряженных частиц к радиационной головке и соответственно к пациенту под разными углами. В случае установки, предназначенной для томографической визуализации методами КТ и ОФЭКТ – это подвижная часть, как правило, кольцевой формы, вращаемая вокруг пациента и в которой установлены источники и(или) детекторы излучения.

Hospital information system (HIS) – Больничная информационная система (БИС)

Компьютерная система, предназначенная для управления медицинскими, административными, финансовыми и юридическими аспектами медицинской организации. БИС содержит базу данных о пациентах находящихся в больнице, включающую регистрацию и демографические данные, истории болезни, результаты диагностических исследований при поступлении, реализацию процесса лучевой терапии и анализа последующего наблюдения пациентов. БИС также обеспечивает выставление счетов за лечение и учёт затрат.

Integral radial profile as a function of depth (IRPD) – Глубинное распределение суммарного дозового радиального профиля (ГРДП)

Глубинное распределение дозы для пучка моноэнергетических частиц с бесконечно малым сечением и проинтегрированное на бесконечной плоскости, перпендикулярной оси пучка. ГРДП измеряется путём перемещения плоскопараллельной ионизационной камеры большого диаметра по глубине водного фантома. Этот термин должен использоваться вместо термина интегральной глубинной дозы (ИГД).

Intensity-modulated proton therapy (IMPT) – Протонная терапия с модуляцией интенсивности

Один из нескольких способов протонной терапии (а также лучевой терапии с использованием пучка лёгких ионов), при котором сканирующие узкие пучки заряженных частиц определенного набора энергий с оптимизированными интенсивностями используются для

достижения необходимого баланса между дозой в опухоли и дозой в здоровых органах и тканях. Примерами могут служить однополюсно- и многополюсно-оптимизированные методы протонной терапии с модуляцией интенсивности (ПТМИ), отслеживание дистальной кромки и т.д.. В этом контексте под интенсивностью подразумевают число частиц пучка, проходящих через его поперечное сечение в единицу времени и входящих в радиационную головку.

Interlock – Блокирующее устройство

Устройство, препятствующее началу или продолжению работы оборудования до тех пор, пока не будут установлены заранее заданные условия.

Irradiation field size – Размеры поля облучения

Размеры площадки, перпендикулярной оси пучка излучения, на заданном расстоянии от источника излучения или на заданной глубине облучаемого объекта и ограниченной заданными изодозными линиями.

Isocentre – Изоцентр

Различают два вида изоцентра – механический и радиационный. Механический изоцентр определяется в точке пересечения трех осей вращения: оси вращения коллиматора радиационной головки, оси вращения штатива аппарата и оси вращения терапевтического стола. Радиационный изоцентр – это точка пересечения центральных осей пучков излучения в радиационно-терапевтических аппаратах с различными возможностями движения опорной оси вокруг общего центра. На практике в обоих случаях оси пересекаются не в точке, а в пределах некоторой сферы. Радиус этой сферы определяет неопределенность положения изоцентров.

Isocentric treatment – Изоцентрическое облучение

Наиболее распространенный метод лучевой терапии, при котором позиционирование мишени облучения выполняют в изоцентре.

Lateral penumbra – Полутень дозного распределения в поперечном сечении пучка

Область дозного распределения в поперечном сечении пучка. Обычно полутень определяется как расстояние между точкой на доз-

ном распределении в поперечном сечении пучка, соответствующей значению 80 % дозы от дозы на центральной оси, и точкой, где доза достигает 20 % от значения дозы на центральной оси (LP80-20).

Light ion species – Семейство ионов

Семейство ионов с атомными номерами до 10 (Ne), используемое для лучевой терапии и которое характеризуют либо числом протонов, либо числом нуклонов, либо ионизационным состоянием.

Linear stopping power – Линейная тормозная способность

Энергия, потерянная заряженными частицами в среде на единицу длины.

Match fields – Смежные поля

Смежные поля образуются двумя и более широкими пучками, латеральными границы которых сопрягаются на поверхности, или на определенной глубине тела пациента для достижения поля облучения большего размера или необходимой конфигурации поля облучения. Степень сопряжения смежных полей подбирается таким образом, чтобы дозный профиль через область стыковки был как можно более однородным.

Modulated scanning – Модулированное сканирование

Способ лучевой терапии, при котором распределение дозы по объёму мишени осуществляется путём сканирования объёма мишени узким пучком заряженных частиц. При этом флюенс частиц будет различным в различных участках мишени облучения и для создания такого модулированного распределения флюенса могут использоваться различные пространственные и временные виды сканирования.

Multi-Field Optimized IMPT (MFO IMPT) – Метод многополюсно-оптимизированной протонной терапии с модуляцией интенсивности (МПО ПТМИ)

Метод ПТМИ, при котором интенсивности всех узких пучков оптимизируют для всех полей одновременно чтобы достичь минимума целевой функции, который в хорошем приближении балансирует дозу в мишени облучения и дозу в здоровых тканях.

Multi-layer Faraday cup – Многослойный цилиндр Фарадея

Прибор, аналогичный цилиндру Фарадея, однако его коллектор выполнен в виде набора проводящих пластин, разделенных слоями диэлектрика. Многослойный цилиндр Фарадея позволяет оперативно измерять пробеги пучков заряженных частиц на пути пучка к телу пациента.

Multi-layer ionization chamber (MLIK) – Многослойная ионизационная камера (МСИК)

Прибор, аналогичный многослойному цилиндру Фарадея, однако состоящий из набора плоскопараллельных ионизационных камер. МСИК служит для оперативного измерения суммарного дозового радиального профиля по глубине для узких пучков заряженных частиц и позволяет оперативно измерять пробеги пучков заряженных частиц в программах гарантии качества.

Multiple Coulomb scattering (MCS) – Многократное кулоновское рассеяние

Процесс рассеяния заряженных частиц за счёт электростатического взаимодействия с ядрами среды. Благодаря многократному кулоновскому рассеянию в среде заряженные частицы рассеиваются на малые углы, что приводит к расширению пучка в поперечном сечении.

Non-isocentric treatment – Неизоцентрическое облучение

Метод лучевой терапии, при котором позиционирование мишени облучения осуществляют вне изоцентра, смещая пациента в сторону выходного окна радиационной головки. Этот метод используется в протонной терапии при облучении пациентов стационарным горизонтальным пучком. Уменьшение промежутка между поверхностью тела пациента и дистальным краем радиационной головки позволяет существенно уменьшить полутень для пучка протонов низких энергий.

Oncology information system (OIS) – Онкологическая информационная система (ОИС)

Компьютерная система, документирующая результаты гистологических исследований, стадирования опухолевого процесса, предыдущей хирургии или лучевой терапии. ОИС

обеспечивает передачу данных в стандарте DICOM-RT (DICOM-RT-ION для протонной терапии) от компьютерной системы планирования облучения до системы доставки пучка.

Patch line – Линия стыковки

Линия, где проходящий пучок и примыкающий пучок протонов или легких ионов встречаются в мишени облучения (см. Стыкование полей).

Patient positioning system (PPS) – Система позиционирования пациента (СПП)

Устройство для укладки пациента и перемещения в положение для облучения. Обычно система позиционирования пациента имеет 6 степеней свободы и включает в себя роботизированную платформу с сменной декой, рентгеновское оборудование с детекторами излучения и компьютерное обеспечение для расчета корректировки перемещений пациента.

Particle accelerator – Ускоритель заряженных частиц

Аппаратура для ускорения заряженных частиц, таких как электроны, протоны, ионы гелия, углерода и т.д. до кинетических энергий, превышающих энергии, соответствующие приложенному напряжению.

Passive scattering – Метод пассивного рассеяния

Метод распределения дозы по объёму мишени на определённой глубине за счёт рассеяния пучка протонов или лёгких ионов в направлении оси пучка и в направлении, перпендикулярном оси пучка путем использования рассеивателей и модуляторов пробега. Исторически этот метод получил название “метод пассивного рассеяния” в отличие от метода сканирования узким пучком, который называли “методом активного сканирования”.

Passively scattered particle therapy – Лучевая терапия пассивно рассеянными заряженными частицами

Способ лучевой терапии с использованием одного или нескольких широких пучков пассивно рассеянных заряженных частиц (протонов или лёгких ионов), при котором происходит облучение сразу всего объёма мишени, а распределение дозы, конформное форме мише-

ни облучения, создается с помощью фигурных коллиматоров и компенсаторов.

Patient-specific aperture – Фигурный коллиматор

Устройство из легкоплавкого сплава или металла (например, бронзы), имеющее сквозное отверстие, форма которого соответствует контуру мишени облучения в поперечном сечении пучка и через которое проходит пучок излучения. Фигурный коллиматор изготавливают по результатам дозиметрического планирования индивидуально для каждого пациента и для каждого направления пучка.

Pencil beam – Узкий (параллельный) пучок

Пучок моноэнергетических частиц с бесконечно малым сечением и угловым расхождением в точке рассмотрения (например, в точке падения на поверхность пациента). Это понятие в зарубежной литературе эквивалентно понятию **конечного тонкого луча (beamlet)**, когда говорят о технике сканирования узким параллельным пучком. Однако понятие **pencil beam** также широко используется в алгоритмах расчёта дозных распределений, представляет собой результат эмиссии из точечного мононаправленного источника излучения. Поэтому рекомендуется внимательно относиться к контексту использования понятий в алгоритмах расчёта доз и в технике сканирования узкими пучками.

Pencil beam scanning (PBS) – Сканирование узкими (параллельными) пучками

Способ распределения дозы по объёму мишени путём сканирования мишени облучения в поперечном сечении узким пучком заряженных частиц при помощи специальных магнитов. Методы сканирования включают растровое сканирование, контурное сканирование.

Physical air gap – Воздушный промежуток

Расстояние между поверхностью тела пациента (или поверхностью фантома) и дистальным краем радиационной головки.

Plateau – Плато

Область, где доза относительно медленно возрастает с глубиной от поверхности тела пациента (или фантома) до положения модифицированного пика Брегга для модулированного пучка или от поверхности до пика Брегга для

моноэнергетического (немодулированного) пучка заряженных частиц.

Plateau cross-fire – Перекрёстное облучение

Способ концентрации дозы в мишени облучения путём использования большого числа узких моноэнергетических пучков, центральные оси которых пересекаются в центре мишени.

Portal – Портал

Термин, используемый в лучевой терапии пассивно рассеянными заряженными частицами, которым определяют совокупность параметров, характеризующих облучение с одного направления.

Pristine beam – Незагрязнённый пучок

Моноэнергетический пучок, не содержащий рассеянных частиц. Этим термином также обозначают пучки заряженных частиц, имеющие узкий и симметричный разброс энергий.

Proton CT – Протонная компьютерная томография

Метод томографической визуализации, основанный на использовании протонов с энергией, достаточной для пересечения тела пациента и тем самым получения данных о водозэквивалентной длине пробега протонов вдоль многих направлений. На основании этой информации реконструируются томографические изображения распределения относительной тормозной способности. Испытаны лишь прототипы таких томографов.

Quasi-discrete raster scanning – Квази-дискретное растровое сканирование

Способ облучения сканирующим пучком, при котором пучок перемещается от точки к точке по траектории, состоящей из параллельных рядов. При этом пучок находится в каждой точке траектории до тех пор, пока не будет подведена запланированная доза для данного положения пучка, затем облучение прекращается, пучок перемещается в следующую точку и процесс облучения возобновляется.

Radiotherapy with protons and light ions – Лучевая терапия с использованием протонов и лёгких ионов

Пучки протонов и лёгких ионов (ионы с атомными номерами до 10 (Ne)), используемые для

лучевой терапии, генерируются на циклических ускорителях заряженных частиц – циклотронах и синхротронах, при этом энергии протонов составляют 70–250 МэВ и энергии лёгких ионов (например, ионы углерода) 100–400 МэВ/нуклон. Для клинического применения пучков протонов и лёгких ионов создается модифицированный пик Брегга (SOBP) таким образом, чтобы включить объём мишени в область SOBP.

Radiation head (nozzle) – Радиационная головка

Устройство, находящееся в процедурном кабинете, в котором установлена система мониторинга пучка и различные формирующие устройства, и из которого исходит пучок излучения. Радиационная головка устанавливается либо на вращающемся штативе для облучения под разными углами, либо на стационарных держателях для облучения вертикальным или горизонтальным пучком. Для этого оборудования в лучевой терапии с использованием протонов и лёгких ионов иногда используют жаргонный термин **nozzle** (сопло), а для дистальной части радиационной головки, которая может перемещаться вдоль оси пучка, и на которой установлены формирующие устройства, иногда используют жаргонный термин **snout** (носик).

Range modulator – Модулятор пробега частиц

Устройство, предназначенное для модуляции пробега пучка заряженных частиц и создания на глубине мишени облучения области высокой равномерности дозы. В качестве модулятора пробега может использоваться сборка в виде пропеллера из пластин различной толщины, выполненных из материала с низким атомным номером (например, плексиглас). Этот пропеллер устанавливается перпендикулярно оси пучка моноэнергетических протонов или лёгких ионов. При вращении с определенной скоростью пластины разной толщины модулируют проникающую способность пучка частиц и создают модифицированный пик Брегга – суперпозицию пиков Брегга разной интенсивности на глубине мишени облучения. Модуляторами пробега частиц служат также гребенчатые фильтры в виде сборки треугольных пластин или спиральные структуры, выполненные из алюминия или пластика.

Range R_{xx} (e.g., R_{80} or R_{90}) – Пробег R_{xx} (например, R_{80} или R_{90})

Глубина в водном фантоме, отсчитываемая от его поверхности, где поглощенная доза немодулированного пучка заряженных частиц соответствует приблизительно 80 % от дозы в пике. В клинике пробег обычно определяется как глубина, где доза в теле пациента в её дистальной части достигает 90 %.

Range shifter – Ограничитель пробега

Устройство для ограничения пробега заряженных частиц (см. Energy absorber – поглотитель энергии).

Range straggling – Разброс пробегов

Разброс значений пробегов протонов и лёгких ионов, обусловленный, в частности, статистическими флуктуациями ионизационных потерь.

Range uncertainty margin – Отступ за счет неопределенности пробега

Дистальные и проксимальные отступы по отношению к мишени облучения чтобы учесть неопределенности в вычисленных и/или реализованных пробегах заряженных частиц для подведения предписанной дозы к мишени облучения.

Raster scanning – Растровое сканирование

Способ облучения сканирующим пучком, при котором пучок непрерывно перемещается по траектории, состоящей из параллельных рядов. При этом флюенс частиц в конечном сечении пучка может быть постоянным или модулированным для того, чтобы при движении пучка создавать вдоль траектории сканирования постоянное или модулированное распределение флюенса.

Repainting (re-scanning) – Повторное сканирование

Способ лучевой терапии сканирующими пучками протонов или лёгких ионов, при котором один и тот же объём мишени сканируется в течение одного сеанса несколько раз для сглаживания возмущений дозного распределения, вызванных движениями тела пациента, которые не были учтены при планировании облучения или были не компенсированы в процессе облучения. На практике это может соответ-

ствовать многократному сканированию одного слоя перед тем как перейти к следующему слою тела пациента.

Residual range – Остаточный пробег

Оставшаяся часть пробега заряженных частиц в точке интереса в фантоме или в теле пациента, определяемая как разность между практическим пробегом и глубиной точки интереса.

Ridge filter – Гребенчатый фильтр

Устройство в виде сборки треугольных пластин, устанавливаемое в пучке таким образом, чтобы за счёт разной толщины изменять проникающую способность заряженных частиц и тем самым модулировать пробег пучка и создавать на глубине мишени облучения области высокой равномерности дозы.

Ripple filter – Модулятор пика Брегга

В качестве модулятора пика Брегга используют тонкий гребенчатый фильтр. Этот фильтр позволяет без значительных пульсационных искажений расширить пик Брегга, и тем самым уменьшить количество слоёв тела пациента, подлежащих облучению и соответственно количество энергий частиц, выводимых из ускорителя, и тем самым сократить время облучения.

Robust optimization – Оптимизация устойчивого плана лечения

Метод оптимизации с целью создания плана лечения малочувствительного к неопределенностям, возникающих при планировании и реализации плана.

Robustness – Малочувствительность к неопределенностям

Понятие, характеризующее иммунитет или нечувствительность к неопределенностям в реализации плана облучения.

Scan pattern – Характеристики сканирования

Набор параметров, характеризующий метод сканирования: положение сканирующих пучков, их энергии и плотность потоков.

Single-Field Optimized IMPT (SFO IMPT) – Метод однопольно-оптимизированной

протонной терапии с модуляцией интенсивности (ОПО ПТМИ)

Метод ПТМИ, при котором интенсивности узких пучков оптимизируют для каждого индивидуального поля, чтобы при облучении мишени с каждого направления создавалось заданное однородное распределение дозы при минимуме дозы облучения в окружающих мишень здоровых тканях

Single scattering – Одиночное рассеивание

Способ рассеивания пучка заряженных частиц с целью увеличения его поперечного сечения, при котором используется одно рассеивающее устройство (как правило плоский рассеиватель), установленное на центральной оси пучка.

Snout (aperture carriage) – Держатель формирующих устройств

Жаргонный термин для описания дистальной части радиационной головки, которая может перемещаться вдоль оси пучка и на которой установлены формирующие устройства.

SOBP width – Ширина модифицированного пика Брегга

Ширина модифицированного пика Брегга определяется расстоянием между точками на проксимальном и дистальном участках модифицированного пика Брегга, где доза достигает 90 % от её значения в центре пика.

Spot – Поперечное сечение конечного тонкого луча

Поперечное сечение конечного тонкого луча в точке падения на поверхность тела пациента или фантома, в котором концентрируется основная часть подведённой дозы. Это понятие было введено в рассмотрение для спецификации характеристик сканирующих пучков и используется для обозначения поперечного сечения в плоскости, перпендикулярной центральной оси пучка. Следует отметить, что понятия **beamlet – конечный тонкий луч** и **spot – поперечное сечение конечного тонкого луча** взаимосвязаны и вслед за употреблением понятия **beamlet** применительно к сканирующим пучкам в литературе стали употреблять понятие **spot** в том же контексте – **spot scanning**. Понятие **spot** используется и при описании калибровки мониторов дозы сканирующих пучков заряженных частиц, где, например, стал общепотребительным термин **number of protons per spot**, т.е. число прото-

нов в поперечном сечении конечного тонкого луча. Однако на самом деле под этим подразумевается число протонов в поперечном сечении единичного моноэнергетического узкого пучка, используемого для сканирования, и его энергия подобрана таким образом, чтобы положение пика Брегга, и соответственно концентрация основной части подведённой дозы, совпадали с положением выбранного слоя тела пациента или фантома.

Spot scanning – Размещение сечений узких пучков по объёму мишени при её сканировании

Понятия *spot scanning* и *pencil beam scanning* в англоязычной научной литературе подразумеваются эквивалентными. Однако мы рекомендуем употреблять понятие **сканирование узкими пучками (*pencil beam scanning*)**, а под понятием **spot** подразумевать сечение единичного моноэнергетического узкого пучка, используемого для сканирования.

Spot spacing – Регулирование положений центров сечений узких пучков при сканировании

Расстояние между центрами равномерно распределённых по объёму мишени сечений узких пучков при сканировании. На практике единичный узкий пучок, используемый для сканирования, имеет круглое (или близкое к кругу) сечение, а расстояние между положениями пучков определяется расстоянием между центрами их круглых сечений.

Spread-Out-Bragg-Peak (SOBP) – Модифицированный пик Брегга

Область высокой равномерности дозы на глубине мишени облучения, образуемая путём суперпозиции пиков Брегга разной интенсивности и энергии. Модуляция пучка протонов или лёгких ионов для создания модифицированного пика Брегга осуществляется сканированием узким параллельным пучком или облучением широким пучком частиц, рассеянных в направлении оси пучка и в направлении, перпендикулярном оси пучка.

Switchyard – Распределительная система

Система магнитов и вакуумопроводов для доставки пучка заряженных частиц из ускорителя в процедурные кабинеты.

Synchrotron – Синхротрон

Принцип работы синхротрона состоит в первоначальном ускорении частиц до энергии в несколько МэВ с помощью линейного ускорителя и последующим их инжектированием в кольцевую вакуумированную структуру, снабжённую поворотными дипольными и фокусирующими квадрупольными магнитами. Ускорение заряженных частиц достигается многократным прохождением одной и той же орбиты в кольцевой вакуумированной структуре под действием электрического поля, создаваемого высокочастотным генератором. Такой тип ускорителя позволяет генерировать пучки протонов и лёгких ионов и изменять их энергию на выходе в процедурный кабинет для лучевой терапии без использования устройств для уменьшения энергии заряженных частиц в системе транспортировки пучка.

Table top – Сменная дека стола

Сменная дека, устанавливаемая на роботизированную платформу, к которой прикрепляются устройства для иммобилизации и фиксации пациента. В зависимости от плана облучения дека может быть сплошной или содержащей одну или несколько прозрачных для излучения секций.

Tail – Спад дозы за пиком Брегга

Область глубинного распределения дозы за пробегом первичных частиц, которая определяется только дозовым вкладом вторичных частиц. Этот вклад очень мал для протонов и весьма существенен для лёгких ионов.

Tail-to-peak dose ratio – Отношение дозы за пиком к дозе в пике Брегга

Отношение поглощенной дозы на оси пучка на глубине ~30 мм за пиком Брегга к поглощенной дозе в пике. Обе величины должны быть измерены в фантоме, поверхность которого находится на определенном расстоянии от края радиационной головки.

Through field – Проходящий пучок

Термин, используемый для обозначения пучка, облучающего часть мишени от её дистальной до проксимальной границы при описании пучков, используемых при стыковке полей.

Treatment control system – Система управления облучением

Компьютерная система, находящаяся в пультовом кабинете, связывающая компьютер-

ную систему планирования облучения, онкологическую информационную систему и систему доставки пучка.

Uniform scanning – Однородное облучение сканирующим пучком

Способ лучевой терапии сканирующим пучком, при котором гомогенное распределение дозы по объёму мишени достигается послойным облучением мишени по всему её сечению в каждом слое и переходе от слоя к слою путём пошагового изменения энергии пучка заряженных частиц, выводимых из ускорителя. Сканирование выполняется узкими пучками с постоянной плотностью потока частиц для каждого слоя мишени, а конфигурация поля облучения, соответствующая данному слою мишени и соответственно поперечному сечению мишени в этом слое, формируется многопластинчатой диафрагмой (многолепестковым коллиматором).

Verification dose distribution – Верификационное распределение дозы

Верификация дозных распределений в лучевой терапии – это проверка соответствия запланированного (рассчитанного в результате дозиметрического планирования) и реализованного на радиационном аппарате плана. Верификация дозиметрического плана может проводиться с помощью измерений, анализа данных работы аппарата или независимых расчётов. Термин “верификационное распределение дозы” может использоваться для описания двух типов дозных распределений: (1) распределение дозы, рассчитанное в фантоме для верификации подведения дозы одиночным пучком или одним пучком из комбинации пучков; (2) распределение дозы, рассчитанное в фантоме для “верификационных изображений”.

Verification image – Верификационные изображения

КТ-изображения, полученные в процессе проведения лучевой терапии и используемые для повторного расчета плана лучевого лечения с целью проверки того, что параметры исходного плана всё ещё справедливы.

Virtual source-to-axis distance (VSAD) – Расстояние виртуальный источник–ось

Расстояние от виртуальной точки, из которой испускается излучение, до изоцентра. Положение виртуального источника используется

при масштабировании размеров полей и при изготовлении индивидуальных формирующих устройств (болусов и фигурных коллиматоров).

Water equivalent depth (WED) – Водозэквивалентная глубина

Это понятие соответствует понятию водозэквивалентной толщины, только в этом случае водозэквивалентная толщина определяется вдоль линии от поверхности тела пациента (или фантома) до точки интереса. Глубина измерений в фантомах из пластика определяется масштабированием глубины в пластике и водозэквивалентной глубины. Водозэквивалентную глубину иногда называют водозэквивалентной длиной пробега.

Water equivalent pathlength (WEPL) – водозэквивалентная длина пробега

Длина пробега протонов или лёгких ионов в воде, которая соответствует средней потере энергии при прохождении заряженных частиц через толщину рассматриваемого материала.

Water equivalent thickness (WET) – Водозэквивалентная толщина

Пробег протонов или лёгких ионов в воде, соответствующий толщине материала, в котором бы заряженные частицы теряли ту же самую энергию.

Wobbling scanning – Сканирование с помощью вобблер-магнитов

Способ облучения сканирующим пучком, при котором пучок перемещается по постоянным или медленно изменяющимся контурам. В одном случае используются круговые контуры с модулированным радиусом, создаваемые двумя взаимоперпендикулярными сканирующими магнитами, которые запитываются синусоидальными сигналами одинаковой частоты, но сдвинутыми на 90° по фазе. В другом случае используются фигуры Лиссажу, образуемые при запитывании взаимно-перпендикулярных сканирующих магнитов синусоидальными сигналами различной частоты.

Список литературы

1. Определение поглощенной дозы при дистанционной лучевой терапии: Международные практические рекомендации по дозиметрии, основанные на эталонах единицы поглощен-

- ной дозы в воде. МАГАТЭ. Серия технических докладов No. 398. Вена, 2004. [Absorbed Dose Determination in External Beam Therapy: International Practice Guidelines for Dosimetry Based on Standards for the Unit of Absorbed Dose in Water. IAEA. Technical Report Series No. 398. Vienna, 2004 (In Russian)].
2. Всесторонние аудиты практики лучевой терапии: средство для повышения качества. МАГАТЭ, Вена, 2008 [Comprehensive audits of radiotherapy practice: a tool for quality improvement. IAEA, Vienna, 2008. (In Russian)].
 3. Разработка программы лучевой терапии: аспекты клинической практики, медицинской физики, радиационной защиты и безопасности. МАГАТЭ, Вена, 2015. [Development of a radiotherapy program: aspects of clinical practice, medical physics, radiation protection and safety. IAEA, Vienna, 2015 (In Russian)].
 4. Radiation Oncology Physics: A Handbook for Teachers and Students. IAEA, Vienna 2005.
 5. Костылев ВА, Наркевич БЯ. Медицинская физика. Москва, 2008. [Kostylev VA, Narkevich BYa. Medical Physics. Moscow, 2008 (In Russian)].
 6. ГОСТ Р МЭК/ТО 60977-2009. Медицинские электронные ускорители в диапазоне от 1 МэВ до 50 МэВ. Руководство по проверке функциональных характеристик. [GOST R IEC/TO 60977-2009. Medical electron accelerators in the range from 1 MeV to 50 MeV. Performance test guide (In Russian)].
 7. ГОСТ Р МЭК 60731-2001. Дозиметры с ионизационными камерами для лучевой терапии. [GOST R IEC 60731-2001. Dosimeters with ionization chambers for radiotherapy (In Russian)].
 8. ГОСТ Р МЭК 60976-2013. Медицинские электронные ускорители в диапазоне от 1 МэВ до 50 МэВ. Функциональные характеристики. [GOST R IEC 60976-2013. Medical electron accelerators in the range from 1 MeV to 50 MeV. Functional characteristics (In Russian)].
 9. ГОСТ Р МЭК/ТО 60788-2009. Медицинское электрооборудование. Словарь определённых терминов. [GOST R IEC/TO 60788-2009. Medical electrical equipment. Glossary of defined terms (In Russian)].
 10. Наркевич БЯ, Ратнер ТГ, Моисеев АН. Краткий словарь дискуссионных терминов по медицинской радиологии, радиационной безопасности и медицинской физике. Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2018; 63(5): 55-64. [Narkevich BYa, Ratner TG, Moiseev AN. A concise dictionary of debatable terms in medical radiology, radiation safety and medical physics. Medical Radiology and Radiation Safety. 2018; 63(5): 55-64 (In Russian)].
 11. Наркевич БЯ, Хмелев АВ, Крылов ВВ, Кочетова ТЮ. Разработка краткого словаря по ядерной медицине. Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2020; 65(2): 68-81. [Narkevich BYa, Khmelev AV, Krylov VV, Kochetova TYu. Development of a concise dictionary of nuclear medicine. Medical Radiology and Radiation Safety. 2020; 65(2): 68-81 (In Russian)].
 12. Наркевич БЯ, Моисеев АН, Рыжов СА, Русецкий СС, Кузнецов МА. Разработка глоссария терминов и понятий по медицинской радиологии и радиационной безопасности. Медицинская физика. 2020; (2): 61-86; (3): 91-114. [Narkevich BYa, Moiseev AN, Ryzhov SA, Rusetzky SS, Kuznetsov MA. Development of a glossary of terms and concepts for medical radiology and radiation safety. Medical physics. 2020; (2): 61-86; (3): 91-114 (In Russian)].

GLOSSARY OF TERMS AND CONCEPTS IN MEDICAL RADIATION PHYSICS - TERMINOLOGY USED IN PROTON AND LIGHT ION BEAM RADIATION THERAPY

S.M. Vatrinsky

MedAustron Ion Therapy Center, Wiener Neustadt, Austria

Medical radiation physics supports medical diagnostic and treatment process based on the use of ionizing radiation in radiation therapy, nuclear medicine, radiation diagnostics and radiation safety of patients and personnel. However, the successful implementation of this process requires close interaction of specialists in all the above areas. The basis of such interaction is the unification of the terminology and concepts used at various stages of the diagnostic and treatment process. This development is very important for high technological applications such as proton and light ion beam radiation therapy, where the description and correct and unambiguous interpretation of the terminology in the Russian-language literature is practically absent. The article presents a glossary on proton and light ion beam radiation therapy which contains the most commonly used terms in this field and explanations for each of them. The glossary is intended for use both in professional education, including postgraduate education, and for medical physicists and radiation oncologists working in radiological medical organizations.

Key words: *medical radiation physics, radiation therapy, proton and light ion beam, terminology*

E-mail: s.vatrinsky@chello.at