

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Е.С. Сухих, Я.Н. Сутыгина, О.М. Стахова

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВЕННОЙ РАБОТЫ
ДИСТАНЦИОННОЙ И КОНТАКТНОЙ
ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ**

Методические рекомендации



Издательство
Томского политехнического университета
2023

УДК 615.849-021.465(07)

ББК 53.65я7

С91

Сухих Е.С.

С91 **Обеспечение качественной работы дистанционной и контактной лучевой терапии : методические рекомендации / Е.С. Сухих, Я.Н. Сутыгина, О.М. Стахова ; Томский политехнический университет. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2023. – 28 с.**

В рекомендациях изложены основные положения регламента работ радиотерапевтического отделения при подготовке пациента к проведению дистанционной лучевой терапии на линейном ускорителе по методике трехмерного конформного облучения (3DCRT) и облучения с модуляцией интенсивности (IMRT, VMAT), а также регламента работы радиотерапевтического отделения при подготовке пациента к проведению брахитерапии HDR на внутривидовом аппарате. Состоит из описания регламентов и проверочных листов для их выполнения.

Подготовлены Технологическим референсным центром ионизирующего излучения в радиологии, лучевой терапии и ядерной медицине на основе международных рекомендаций, разработанных ведущими специалистами в области гарантии качества в лучевой терапии.

УДК 615.849-021.465(07)

ББК 53.65я7

Рецензенты

Доктор биологических наук, доцент
старший научный сотрудник группы медико-физического
сопровождения отделения радиотерапии НМИЦ онкологии
им. Н.Н. Блохина МЗ РФ, профессор кафедры № 35
«Медицинская физика» НИЯУ МИФИ
И.М. Лебедеико

Доктор медицинских наук, профессор РАН
заведующая отделением радиотерапии НИИ онкологии
Томского НИМЦ, главный внештатный радиотерапевт
по Сибирскому федеральному округу
Ж.А. Старцева

© Сухих Е.С., Сутыгина Я.Н., Стахова О.М., 2023

© Оформление. Издательство Томского
политехнического университета, 2023

Содержание

Сокращения и аббревиатуры.....	4
1. Регламент работы радиотерапевтического отделения при подготовке пациента к проведению дистанционной лучевой терапии на линейном ускорителе электронов по методике трехмерного конформного облучения (3DCRT) и облучения с модуляцией интенсивности (IMRT, VMAT).....	5
1.1. Проверочный лист по подготовке пациента для дистанционной лучевой терапии на ЛУЭ.....	12
1.2. Пример листа предписаний на проведение лучевой терапии.....	14
2. Регламент работы радиотерапевтического отделения при подготовке пациента к проведению брахитерапии HDR на внутрисполостном аппарате	15
2.1. Проверочный лист по подготовке пациента для брахитерапии HDR на внутрисполостном аппарате	19
2.2. Пример предписания к проведению внутрисполостной брахитерапии HDR (гинекология)	21
2.3. Пример предписания к проведению внутритканевой брахитерапии HDR.....	23
2.4. Пример предписания к проведению внутрисполостной брахитерапии HDR.....	25
Список литературы	27

Сокращения и аббревиатуры

- ГДО – гистограмма доза-объем;
- ВМП – высокотехнологичная медицинская помощь;
- КТ – компьютерный томограф;
- ЛУЭ – линейный ускоритель электронов;
- ЛТ – лучевая терапия;
- ОМС – обязательное медицинское страхование;
- ОМФ – отдел медицинской физики;
- РТО – радиотерапевтическое отделение;
- ФИО – фамилия – имя – отчество;
- 3DCRT (Three-dimensional conformal radiation therapy) – трехмерная конформная лучевая терапия;
- CTV (Clinical Target Volume) – клинический объем мишени;
- HDR (Highdose-rate) – высокая мощность дозы;
- IMRT (Intensity-modulated radiationtherapy) – лучевая терапия с модуляцией интенсивности пучка излучения (ЛТМИ);
- ID (Identification) – идентификационный номер;
- ITV (Internal Tumor Volume) – внутренний объем (объем внутреннего движения) опухолевой мишени;
- GTV (Gross Tumor volume) – объем макроскопического распространения опухоли;
- OAR (Organ at risk) – орган риска, то же самое, что и критический орган;
- OIS (Oncology information system) – онкологическая информационная система;
- QUANTEC (Quantitative Analysis of Normal Tissue Effects in the Clinic) – количественный анализ клинических эффектов в нормальных тканях;
- PTV (Planning Target Volume) – объем мишени для планирования;
- ROI (Region Of Interest) – область интереса;
- RTOG (Radiation Therapy Oncology Group) – радиационно-терапевтическая группа в онкологии;
- SBRT (Stereotactic Body Radiation Therapy) – стереотаксическая лучевая терапия тела;
- SIB (Simultaneously integrated boost) – одновременная интегрированная эскалация дозы;
- SRS (Stereotactic radiosurgery) – стереотаксическая радиохирurgia;
- VMAT (Volumetric Modulated Arc Therapy) – ротационное облучение с объемной модуляцией интенсивности пучка излучения.

1. Регламент работы радиотерапевтического отделения при подготовке пациента к проведению дистанционной лучевой терапии на линейном ускорителе электронов по методике трехмерного конформного облучения (3DCRT) и облучения с модуляцией интенсивности (IMRT, VMAT)

- I. При поступлении пациента в радиотерапевтическое отделение (РТО) проводится отбор по методике облучения и режима фракционирования согласно утвержденному «Регламенту работы РТО». Методики облучения лучевой терапии (ЛТ) на линейном ускорителе электронов (ЛУЭ) следующие: 3DCRT, IMRT, VMAT.
- II. Режимы фракционирования:
- стандартный режим фракционирования, 2 Гр за фракцию;
 - гипофракционирование, 3–5 Гр за фракцию;
 - одновременная интегрированная эскалация дозы, (SIB), 1,8–2,4 Гр за фракцию одновременно на несколько объемов облучения;
 - стереотаксическая радиотерапия (SBRT), 6–9 Гр за фракцию);
 - радиохирургия (SRS), более 10 Гр за фракцию.
- III. После утверждения методики облучения и режима фракционирования пациенту проводится топометрическая подготовка на компьютерном томографе согласно утвержденному «Протоколу (регламенту) топометрической подготовки РТО».

Участники топометрической подготовки пациента:

- **врач-радиотерапевт** в лучевой карте и карте топометрической подготовки указывает локализацию и аппарат для лечения. Определяет набор дополнительных фиксирующих устройств к базовому набору согласно утверждённой методике облучения, подбирает удобное положение для пациента с учетом локализации и состояния пациента, заполняет реестр пациента (ВМП\ОМС), протокол топометрической подготовки и передает информацию врачу-топометристу (рентгенологу);
- **врач-топометрист (рентгенолог)/рентген-лаборант** согласует с **врачом-радиотерапевтом** набор дополнительных фиксирующих устройств к базовому набору и изготавливает их по необходимости (термопластические маски). Далее подбирает удобное положение пациента с учетом локализаций и используемого набора фиксирующих устройств до-заполняет протокол топометрической подготовки к проведению лучевой терапии с ука-

занием всех актуальных углов положения тела пациента и конечностей и проверяет количество снимков с компьютерного томографа (КТ-снимки);

- **медицинский физик** подбирает нужное положение пациента с учетом технических характеристик терапевтической установки с поправкой на геометрию полей, при которой будет проводиться лечение.

IV. После топометрической подготовки цифровые рентгеновские снимки с компьютерного томографа передаются на станции оконтуривания. **Врач-радиотерапевт** проверяет количество КТ-снимков, проводит оконтуривание мишени (GTV, CTV, ITV) и объема мишени для планирования (PTV), органов риска (OAR) в соответствии с международными рекомендациями [1–20]. При этом оконтуривание для 3DCRT осуществляется в течение 1,5–2 рабочих дней; оконтуривание для IMRT/VMAT осуществляется в течение 2–3 рабочих дней.

Примечание. В случае многоэтапного лечения выделяются PTV для каждого этапа лечения с соответствующим значением суммарной дозы для данного этапа планирования.

V. Далее **врач-радиотерапевт** заполняет протокол предписания с описанием курса лучевой терапии: ФИО пациента, диагноз, идентификационный номер (ID) рентгеновских снимков пациента, область облучения, методика облучения (3DCRT, IMRT, VMAT), терапевтическая установка, суммарная доза за курс ЛТ, режим фракционирования, а также необходимые условия покрытия мишени в соответствии с целями ЛТ:

- 3DCRT: не менее чем 95 % от предписанной дозы должно быть облучено не менее чем 95 % от планируемого объема облучения. Не более чем 107 % от предписанной дозы может быть облучено не более чем 2 % от планируемого объема облучения, 100 % дозы должно быть в референсной точке [8];
- IMRT/VMAT: не менее чем 95 % от предписанной дозы должно быть облучено не менее чем 98 % от планируемого объема облучения. Не более чем 107 % от предписанной дозы может быть облучено не более чем 2 % от планируемого объема облучения, 100 % дозы должно быть в 50 % от планируемого объема облучения [9].

Врач-радиотерапевт прописывает ограничения на органы риска в соответствии с литературой [1–20, 22] и заполняет протокол предписания.

Примечание. Все расчеты изоэффективной дозы на планируемый объем облучения и органы риска в случае использования режима фракционирования отличного от стандартного режима, а также прерывания курса лучевой терапии, должны проводиться согласно линейно-квадратичной радиобиологической модели согласно международным рекомендациям [1–20, 22].

- VII. **Врач-радиотерапевт** письменно утверждает у заведующего РТО или старшего врача-радиотерапевта контуры анатомических структур и протокол предписания.
- VIII. **Врач-радиотерапевт** в онкологической информационной системе заполняет данные о курсе лечения:
- диагноз пациента;
 - предписание для лучевой терапии, указав область, предписанную дозу, число фракций и режим фракционирования;
 - для каждого этапа лечения, создается свое предписание.
- IX. **Врач-радиотерапевт** проводит проверку выполнения необходимых пунктов по утвержденному в РТО «Проверочному листу по подготовке пациента для дистанционной лучевой терапии на ЛУЭ».
- X. **Врач-радиотерапевт в зависимости от вида системы** отправляет оконтуренные цифровые рентгеновские снимки в станции планирования или сохраняет изменения, подтверждает контуры. Далее делает запись в журнале «Заявка на планирование ЛТ» или другим утвержденным в РТО способом информирует о новом случае для планирования.
- XI. **Медицинский физик** проводит проверку выполнения необходимых пунктов по утвержденному в РТО «Проверочному листу по подготовке пациента для дистанционной лучевой терапии на ЛУЭ», наличие оконтуренных КТ-снимков, утвержденное предписание и запись в журнале «Заявка на планирование ЛТ».

Медицинский физик создает дозиметрический план лечения. В случае необходимости и сложности расположения локализации, создает несколько дозиметрических планов лечения для возможного выбора наиболее оптимального в соответствии с литературой [5–21, 23]. Варианты дозиметрических планов обсуждаются между медицинскими физиками. План создается для всего курса лучевой терапии и проверяется вторым физиком по проверочному листу. При этом план **3DCRT** готовится 1–2 рабочих дня; план **IMRT/VMAT** готовится 2–3 рабочих дня.

Примечание. Все расчеты изоэффективной дозы на планируемый объем облучения для области недооблучения («холодные

пятна») и области переоблучения («горячие пятна») изодозного распределения, а также на органы риска с областью высоко изодозных линий должны проводиться согласно линейно-квадратичной радиобиологической модели согласно международным рекомендациям [5–22].

ХII. Медицинский физик и врач-радиотерапевт утверждают оптимальный план облучения по следующим критериям:

а) для мишени:

- по гистограмме распределения доза – объем (ГДО):
 - для методики облучения 3DCRT – доставить не менее 90 % предписанной дозы на не менее, чем 90 % объема опухоли и не более 107 % предписанной дозы на не более, чем 2 % объема опухоли;
 - для методики IMRT/VMAT – доставить 95 % предписанной дозы на не менее, чем 95 % объема опухоли и не более 110 % предписанной дозы на не более, чем 2 % объема опухоли;
- по параметрам статистического распределения дозы;
- повизуальной проверке посрезового распределения процентных изодозных линий (110 %, 107 %, 100 %, 95 %, 90 %, 80 %, 50 %, 20 %) относительно предписанной суммарной дозы для всего курса лучевой терапии.

б) для органов риска:

- максимальная доза в OAR не должна превышать $x \text{ Гр}$ не более, чем $v \%$ объема области интереса (ROI), может получить $x \text{ Гр}$ ($Dv \% \leq x$);
- изоэффективные дозы для «горячих пятен» рассчитаны по линейно-квадратичной радиобиологической модели согласно международным рекомендациям [1–22];
- согласно международным протоколам QUANTEC и RTOG при не прохождении органа риска с третьим уровнем по приоритетности, врач-радиотерапевт принимает решение о принятии или непринятии данного плана лечения;
- при любых отклонениях по статистическим данным распределения дозы от предписанных, врач также принимает решение о выборе или отклонении данного плана и фиксирует свое решение в лучевой карте.

ХIII. Конечный вариант дозиметрического плана облучения пациента утверждается на общем собрании радиотерапевтического отделения согласно «Регламенту работы РТО» и подписывается начальником ОМФ (при наличии) и заведующим РТО.

Примечание. Медицинский физик / инженер-физик проводит верификацию утвержденного плана облучения, о чем создается запись в OIS. В случае многоэтапного лечения верификация плана проводится для каждого этапа облучения. План считается реализуемым при прохождении верификации со значением гамма-индекса 3 %/2 мм не менее 95 % при пороге 10 % (в отдельных случаях допустимый предел 90 % с условием согласования и анализа результата) [21].

XIV. **Медицинский физик** заносит в лучевую карту пациента, следующую необходимую документацию:

- протокол облучения (геометрические и дозиметрические параметры плана облучения), который подписывается вторым медицинским физиком;
- ГДО для необходимого набора анатомических структур;
- статистическое распределение дозы для всего набора анатомических структур;
- смещение радиационного поля относительно референтных меток для определения изоцентра лечебного поля на пациенте и смещения терапевтического стола с пациентом относительно изоцентра установки.

XV. **Медицинский физик**

а) для системы MOSAIQ вносит следующую необходимую информацию и документацию:

- для соответствующего ФИО и ID пациента экспортирует информацию дозиметрического плана, которая передается из станции планирования: угол гантри, угол коллиматора, угол стола, количество мониторинговых единиц для каждого поля облучения и за весь сеанс облучения;
- указывает область облучения, положение пациента, фиксирующие устройства и т. д.;
- присваивает каждое поле облучения к соответствующему предписанию и области облучения;
- указывает соответствующие коэффициенты для каждого поля;
- указывает смещение радиационного поля относительно референтных меток для определения изоцентра лечебного поля на пациенте и смещения терапевтического стола с пациентом относительно изоцентра установки;
- экспортирует информацию по созданному плану лечения: параметры каждого поля облучения, статистическое распределение дозы для каждой структуры и распределение дозы в зави-

симости от объема структуры в виде ГДО в виде файла с расширением .pdf.

- б) для системы ARIA:
- для соответствующего ФИО и ID пациента утверждает дозиметрический план, содержащий в себе информацию о ЛУЭ, угле гантри, угле коллиматора, угле стола, количестве мониторинговых единиц для каждого поля облучения и за весь сеанс облучения, количестве сеансов;
 - указывает область облучения (положение пациента, фиксирующие устройства, прикрепляет фото позиционирования и фиксации при необходимости и т. д.);
 - прикрепляет кривую дыхания.
- XVI. **Медицинский физик** проводит проверку выполнения необходимых пунктов по утвержденному в РТО «Проверочному листу по подготовке пациента для дистанционной лучевой терапии на ЛУЭ».
- XVII. **Врач-радиотерапевт** вносит пациента в расписание работы данного аппарата, подтверждает в OIS курс лечения и предписание пациента, а также область облучения.
- XVIII. **Врач-радиотерапевт** передает документацию по пациенту **оператору-медсестре**.
- XIX. **Оператор-медсестра** проводит проверку выполнения необходимых пунктов по утвержденному в РТО «Проверочному листу по подготовке пациента для дистанционной лучевой терапии на ЛУЭ» и наличие всей необходимой документации в лучевой карте.
- XX. **Оператор-медсестра** в OIS выбирает пациента и соответствующий курс, сверяет сеансы ЛТ с количеством фракций, выбирает сеанс лечения и проводит процедуру облучения.
- XXI. При первой укладке пациента на терапевтическом аппарате выполняются следующие действия при участии следующих ответственных лиц:
- 1) **врач-радиотерапевт** – совместно с **оператором** проводят подготовку и укладку пациента на лечебный стол терапевтического аппарата в соответствии с протоколом топометрической подготовки и референсными метками;
 - 2) **врач-топометрист (радиолог) / радиотерапевт** убеждается в правильности положения пациента и использовании соответствующего набора фиксирующих устройств и соблюдения углов фиксации согласно протоколу топометрической подготовки;
 - 3) **оператор-медсестра** проводит процедуру сканирования для контроля укладки пациента с использованием встроенной системы визуализации для верификации положения изоцентра

плана лечения и положения изоцентра установки с помощью совмещения рентгеновских снимков, полученных в ходе сканирования пациента на лечебном аппарате;

- 4) **врач-радиотерапевт** проводит совмещение снимков по костным и мягкотканым анатомическим структурам в ручном и автоматическом режиме для того, чтобы получить более точное смещение от референсных меток до изоцентра соответствующего лечебного плана.

Примечание. В случае невозможного совмещения полученных снимков с референсными на этапе топометрической подготовки, пациента укладывают заново, проводится повторный контроль по изображению и заносится вторая запись в OIS по дозовой нагрузке за процедуру;

- 5) после правильного совмещения анатомических структур, **оператор** отправляет правильные координаты лечебного стола на терапевтическую установку и отмечает на пациенте или фиксирующем устройстве метки для последующих укладок;
- 6) **медицинский физик** убеждается в том, что созданный дозиметрический план лечения (положение пациента и поля облучения) правильно воспроизводится на пациенте и проводит подтверждение координат смещения лечебного стола;
- 7) **оператор-медсестра** проводит процедуру облучения;
- 8) Если план содержит несколько изоцентров и происходит смена этапа лечения, то необходимо провести процедуры в соответствии с пунктами 3–7.

Примечание. В случае технических неисправностей ЛУЭ и OIS, а также дозиметрических изменений плана облучения, вызывается инженер/инженер-физик/медицинский физик ОМФ.

XXII. При последующих сеансах лучевой терапии укладку пациента на лечебный стол и лечение на соответствующей установке проводит **оператор-медсестра**.

Примечания:

1. Контроль по изображению проводится для первых трех фракций облучения, далее по предписанию **врача-радиотерапевта**, но не реже одного раза в неделю.
2. В случае изменения параметров укладки пациента на терапевтической установке и общего состояния пациента, вызывается **врач-радиотерапевт**.

XXIII. В случае изменения положения пациента на терапевтической установке в процессе проведения курса ЛТ необходимо провести процедуры в соответствии с пунктами I–XX.

1.1. Проверочный лист по подготовке пациента для дистанционной лучевой терапии на ЛУЭ

ФИО пациента:		ID пациента:	
№	Наименование	Ответственный персонал	-/+
1	Наличие соответствующего набора КТ снимков/МРТ снимков (по требованию протокола подготовки пациента к ЛТ). Набор снимков должен охватывать как минимум весь предполагаемый объем облучения и содержать полный внешний контур пациента	Врач-топометрист Врач-радиотерапевт Медицинский физик	
2	Наличие соответствующего набора иммобилизующих устройств для определенной локализации. Для линейного ускорителя должен быть как минимум базовый набор фиксирующих устройств (подколенник и подголовник)	Врач-топометрист Врач-радиотерапевт Медицинский физик	
3	Наличие листа укладки (протокол топометрической подготовки)	Врач-топометрист	
4	Оконтуривание всех необходимых объемов мишени (GTV, CTV, ITV, PTV). В случае многоэтапного лечения выделяются PTV для каждого этапа лечения с соответствующим значением суммарной дозы для данного этапа планирования	Врач-радиотерапевт	
5	Оконтуривание необходимого набора критических органов	Врач-радиотерапевт	
6	Наличие лучевой карты с указанием ФИО пациента, даты рождения, диагноза и области облучения	Врач-радиотерапевт	
	Наличие утвержденного заведующим РТО (старшим врачом) оконтуривания анатомических структур	Врач-радиотерапевт	
7	Наличие утвержденного заведующим РТО (старшим врачом) предписания для курса лучевой терапии с указанием суммарной дозы, режима фракционирования и цели покрытия мишени, а также списка приоритетности по органам риска	Врач-радиотерапевт	
8	Наличие оконтуренных КТ-снимков в планирующей системе	Врач-радиотерапевт	
9	Наличие записи пациента в журнале «Заявка на планирование ЛТ» в планирующей системе	Врач-радиотерапевт	
10	Наличие курса ЛТ и предписания в системе OIS	Врач-радиотерапевт	
11	Наличие плана лечения. План должен содержать: <ul style="list-style-type: none"> • посрезовое распределение суммарной дозы в виде необходимого набора изодозных линий (110, 107, 100, 95, 90, 80, 50, 20 %); 	Медицинский физик	

	<ul style="list-style-type: none"> • гистограмму дозного распределения в объеме РТВ и набора критических органов; • статистическое распределение для каждого контура для оценки покрытия мишени и уровня дозовой нагрузки на критические органы. <p>В случае многоэтапного лечения оценка плана проводится по суммарной дозе за весь курс лечения</p>		
12	Верификация плана лечения в случае IMRT и VMAT планов	Медицинский физик	
13	Принятие плана облучения по соответствующим критериям оценки (ГДО и статистическое распределение)	Врач-радиотерапевт	
14	Утверждение плана облучения зав. РТО (старшим врачом) и начальником ОМФ	Врач-радиотерапевт Медицинский физик	
15	Наличие в лучевой карте подписанного (кто выполнил, и кто проверил) протокола лечения с параметрами и названием плана лечения, сдвигов и статистическим распределением	Медицинский физик	
16	Наличие подтвержденных полей облучения в OIS	Медицинский физик	
17	Наличие плана в OIS	Медицинский физик	
18	Наличие ФИО пациента в расписании работы данного аппарата в OIS	Врач-радиотерапевт	
19	Наличие подтвержденного курса ЛТ и предписания для ЛТ в OIS	Врач-радиотерапевт	
20	Наличие расписания курса ЛТ для пациента в OIS	Оператор-медсестра	
21	Первичная укладка пациента на лечебном столе с выполнением контроля по изображению	Оператор-медсестра Врач-радиотерапевт Медицинский физик Врач-топометрист	
22	Вторичная укладка пациента при смене этапа планирования с выполнением контроля по изображению	Оператор-медсестра Медицинский физик	

1.2. Пример листа предписаний на проведение лучевой терапии

ФИО (пациента) _____

Диагноз (стадия): **Рак гортани** **Радикальный/паллиативный курс**

Область облучения: **голова-шея** (нужное подчеркнуть)

Дата разметки: _____

ID: _____

Аппарат: _____

КТ – серия: _____

Методика: _____

Приоритет: PTV/OAR (нужное подчеркнуть)

Мишень/ контур	Отступы			%D _{предписанная} на %V _{покрытия} (D _{min} , D _{max} в мишени)	Режим фракцио- нирования	
CTV 78	GTV	право	вверх	вперед	D _{min} =96 % D _{предписанная} на 96 %V _{покрытия} ; D _{max} =107 % D _{предписанная} на 2 %V _{покрытия}	СД = 78 Гр; РД = 3Гр за 26 фр; Ритм – 5 д/н; Интервал – 24 часа
		лево	вниз	назад		
PTV 78	CTV	право	вверх	вперед	D _{min} =95 % D _{предписанная} на 95 %V _{покрытия} ; D _{max} =107 % D _{предписанная} на 2 %V _{покрытия}	СД = 78 Гр; РД = 3Гр за 26 фр; Ритм – 5 д/н; Интервал – 24 часа
		лево	вниз	назад		
CTV 54	GTV	право	вверх	вперед	D _{min} =96 % D _{предписанная} на 96 %V _{покрытия} ; D _{max} =107 % D _{предписанная} на 2 %V _{покрытия}	СД = 54 Гр; РД = 3Гр за 18 фр; Ритм – 5 д/н; Интервал – 24 часа
		лево	вниз	назад		
PTV 54	CTV	право	вверх	вперед	D _{min} =95 % D _{предписанная} на 95 %V _{покрытия} ; D _{max} =107 % D _{предписанная} на 2 %V _{покрытия}	СД = 54 Гр; РД = 3Гр за 18 фр; Ритм – 5 д/н; Интервал – 24 часа
		лево	вниз	назад		

ОРГАНЫ РИСКА

ПРИОРИТЕТ 1				
OAR	PRV\Отступы			D _{max} ; V _{Dose} Гр – %
Spinal cord (спинноймозг)	право	вверх	вперед	D _{max} =50 Гр
	лево	вниз	назад	
Brainstem (ствол мозга)	право	вверх	вперед	D _{max} =54 Гр
	лево	вниз	назад	
Cochlea (улитка)	право	вверх	вперед	V ₅₅ >5 %
	лево	вниз	назад	V ₄₀ >10 %
Parotidgland (Околоушная железа)	право	вверх	вперед	V ₃₉ >50 %
	лево	вниз	назад	
ПРИОРИТЕТ 2				
Opticnerves (зрительный нерв)	право	вверх	вперед	<55 Gy
	лево	вниз	назад	

Врач-радиотерапевт _____

2. Регламент работы радиотерапевтического отделения при подготовке пациента к проведению брахитерапии HDR на внутрисполостном аппарате

- I. После принятия решения о проведении пациенту брахитерапии HDR на внутрисполостном аппарате согласно «Регламенту работы РТО», пациенту проводится топометрическая подготовка на компьютерном томографе согласно утвержденному Регламенту (Протоколу) «Топометрия».
- II. Все участники, врач-радиотерапевт, врач-рентгенолог-топометрист, медицинский физик и оператор-медсестра установки, которые задействованы в процессе проведения брахитерапии HDR проводят заполнение необходимых пунктов по утвержденному в РТО «Проверочному листу по подготовке пациента к брахитерапии на гамма-терапевтическом аппарате на основе КТ-снимков».
- III. Непосредственно перед проведением топометрической подготовки врач-радиотерапевт и врач-рентгенолог – топометрист заполняют топометрическую карту на основе диагностических снимков в «Предписании к проведению брахитерапии HDR» согласно списку международных рекомендаций [23, 24].
- IV. В зависимости от стадии заболевания и распространенности процесса, наличия аппликаторов (имплантатов) врач-радиотерапевт совместно с врачом-рентгенологом-топометристом и медицинским физиком подбирают тип и набор имплантатов, и расположение их относительно объема опухоли согласно списку международных рекомендаций [23, 24].
- V. Во время топометрической подготовки врач-радиотерапевт совместно с врачом-рентгенологом-топометристом и медицинским физиком руководствуются утвержденному Регламенту (Протоколу) «Топометрия» по подготовке области облучения и критических органов. Пациент на каталке доставляется в процедурную комнату КТ, если необходимо сканирование с получением набора секционных рентгеновских изображений анатомии пациента и системы имплантатов. В случае получения двух ортогональных рентгеновских снимков используют аппарат С-дуга, сканирование анатомии пациента и системы имплантатов происходит непосредственно на лечебном столе (сканирование в онлайн-режиме). Врач-рентгенологом-топометристом выполняется сканирование на КТ/С-дуге с получением секционных/ортогональных изображений анатомии пациента с установленными имплантатами.

- VI. Медицинский физик согласно «Предписанию к проведению брахитерапии HDR», создает запись нового пациента с внесением личных данных. ID пациента присваивается следующим образом: номер истории болезни + год создания дозиметрического плана лечения. Новое исследование с использованием метода реконструкции изображения по последовательности снимков (Image Sequence), загружается с компьютерного томографа в станцию дозиметрического планирования. При использовании двух ортогональных снимков с С-дуги используется реконструкция изображений (non-isocentric reconstruction box).
- VII. Врач-радиотерапевт совместно с рентгенологом-топометристом выполняет оконтуривание мишени и органов риска: выделяет объемы облучения и объемы органов риска OAR согласно установленной классификации [1–12, 23, 24] с расстановкой необходимых контрольных точек.
- VIII. Врач-радиотерапевт формирует предписание для курса брахитерапии и всего курса лучевой терапии (если, брахитерапия + дистанционная ЛТ) по утвержденной форме «Предписания к проведению брахитерапии HDR» с указанием разовой дозы за сеанс брахитерапии, режима фракционирования и суммарной дозы на контрольные точки и объемы облучения. Также указывает допустимые дозовые нагрузки на критические органы (контрольные точки и объемы облучения) за курс брахитерапии и весь курс лучевой терапии. При заполнении «Предписания к проведению брахитерапии HDR» врач-радиотерапевт руководствуется международными рекомендациями [1–12].
- IX. Медицинский физик по снимкам производит реконструкцию аппликаторов и создает дозиметрический план лечения [7–14, 23, 24]. Варианты дозиметрических планов обсуждаются между медицинскими физиками ОМФ.
- X. Врач – радиотерапевт вносит пациента в расписание работы данного аппарата в OIS, составляет курс лечения и предписание пациента, а также область облучения.
- XI. Врач-радиотерапевт совместно с медицинским физиком утверждают оптимальный план облучения, руководствуясь соответствием распределения дозы, составленному по «Предписанию к проведению брахитерапии HDR. При оценке дозиметрического плана облучения для объемов облучения (контрольных точек) и объемов (контрольных точек) критических органов используют:
- ГДО (только на основе набора секционных изображений с компьютерного томографа);

- параметры статистического распределения дозы (только на основе набора секционных изображений с компьютерного томографа);
 - проводят визуальную проверку посрезового распределения процентных изодозных линий и значение доз в соответствующих указанных точках.
- XII. Медицинский физик заполняет утвержденный протокол согласно «Физико-биологическому протоколу по брахитерапии HDR», распечатывает его и также прикрепляет распечатанный отчет о плане лечения, который должен содержать необходимую документацию:
- информацию о пациенте;
 - информацию о характеристиках источника на момент планирования и график радиальной дозы, создаваемой источником;
 - сведения о количестве аппликаторов и порядке их подключения к терапевтической установке;
 - информацию о времени нахождения источника в точках выдержки каждого аппликатора;
 - сведения о дозовых значениях в установленных контрольных точках;
 - графическое представление изодозового распределения плана лечения;
 - гистограммы плана лечения.
- XIII. Медицинский физик создает файл передачи плана лечения, сохраняет его на флеш-носителе и передает его операторам терапевтической установки, а также заносит в OIS план дозиметрического облучения в виде файла с расширением .pdf, сформированный в системе дозиметрического планирования.
- XIV. Врач-радиотерапевт передает документацию (лучевую карту) по пациенту оператору-медсестре.
- XV. Медицинский физик и врач-радиотерапевт проводят проверку выполнения необходимых пунктов по утвержденному в РТО «Проверочного листа по подготовке пациента к брахитерапии на аппарат MultisourceHDR на основе КТ-снимков».
- XVI. Оператор-медсестра проводит проверку выполнения необходимых пунктов по утвержденному в РТО «Проверочному листу по подготовке пациента к брахитерапии на терапевтическом аппарате на основе КТ-снимков» и наличие всей необходимой документации в лучевой карте.
- XVII. При первой укладке пациента на терапевтической установке выполняются следующие действия при участии ответственных лиц.

1. Медицинская-сестра (оператор) подключает каналы терапевтической установки к установленным ранее аппликаторам (эндостатам) в соответствии с дозиметрическим планом.
2. Врач-радиотерапевт вместе с медицинской-сестрой проводит установку датчиков *in vivo* дозиметрии в тело пациента (если указано в «Предписании к проведению брахитерапии HDR»);
3. Врач-радиотерапевт контролирует выполнение условий предписания для сеанса внутрисполостной лучевой терапии (разовая доза, суммарная доза, режим фракционирования, дозы на критические органы).
4. Медицинский физик подключает датчики *in vivo* дозиметрии к терапевтическому аппарату и убеждается в том, что созданный дозиметрический план лечения правильно воспроизводится на пациенте и порядок подключения аппликаторов к терапевтической установке соответствует дозиметрическому плану, а также в правильном воспроизведении плана облучения аппаратом;
5. Воспроизводится сеанс лучевой терапии в соответствии с утвержденным планом.
6. Осуществляется сестринский уход за пациентом после завершения сеанса: отсоединяются аппликаторы от аппарата, извлекаются аппликаторы, проводится тампонада влагилица при показаниях, осуществляется доставка пациента в палату.
7. Сестрой также оформляется документация. Проводится запись в регистрационном журнале, дневнике в истории болезни. Распечатываются данные лечения, архивируются данные пациента.

Примечания:

1. В случае технических неисправностей терапевтической установки и OIS, а также дозиметрических изменений плана облучения, вызывается инженер/инженер-физик / медицинский физик ОМФ.
2. При последующих сеансах лучевой терапии укладку пациента на лечебный стол и лечение на соответствующей установке проводит врач-радиотерапевт и оператор (медсестра).
3. Документация процесса брахитерапии HDR ведётся на протяжении всего курса брахитерапии.

2.1. Проверочный лист по подготовке пациента для брахитерапии HDR на внутрисполостном аппарате

ФИО пациента:		ID пациента:	
№	Наименование	Ответственный персонал	-/+
1	Наличие заполненной топометрической карты в «Предписании к проведению брахитерапии HDR»	Врач-топометрист Врач-радиотерапевт	
2	Наличие протокола топометрической подготовки и соответствующего набора снимков КТ/С-дуга	Врач-топометрист Врач-радиотерапевт Медицинский физик	
3	Наличие профиля пациента в системе дозиметрического планирования, личных данных, диагноза	Врач-радиотерапевт Медицинский физик	
4	Загрузка снимков КТ/С-дуга в систему дозиметрического планирования	Медицинский физик	
6	Выделение всех необходимых объемов и контрольных точек мишени в системе дозиметрического планирования	Врач-топометрист Врач-радиотерапевт	
7	Выделение необходимо набора объемов и контрольных точек критических органов в системе дозиметрического планирования	Врач-топометрист Врач-радиотерапевт	
8	Наличие заполненного «Предписания к проведению брахитерапии HDR»	Врач-радиотерапевт	
9	Наличие в лучевой карте записи проверки контуров анатомических структур заведующим РТО (старшим врачом)	Врач-радиотерапевт	
10	Наличие курса брахитерапии HDR и предписания в OIS	Врач-радиотерапевт	
11	Наличие плана облучения в системе дозиметрического планирования HDRplus. План должен содержать: <ul style="list-style-type: none"> • посрезовое распределение суммарной дозы в виде необходимого набора изодозных линий; • гистограмму дозного распределения в объеме мишени и набора критических органов (только для КТ); • статистическое распределение для каждого контура для оценки покрытия мишени и уровня дозовой нагрузки на критические органы (только для КТ) 	Медицинский физик	
12	Принятие дозиметрического плана лечения.	Врач-радиотерапевт Заведующий РТО Начальник ОМФ	
13	Наличие заполненного «Физико-биологического протокола по брахитерапии HDR и распечатанного дозиметрического плана с системы»	Медицинский физик	

14	Наличие файла дозиметрического плана облучения на флеш-накопителе для терапевтического аппарата	Медицинский физик	
15	Наличие ФИО пациента в расписании работы терапевтического аппарата в OIS	Врач-радиотерапевт	
16	Наличие дозиметрического плана лечения в формате .pdf в OIS	Медицинский физик	
17	Установка датчиков in vivo дозиметрии в пациенте (по предписанию врача-радиотерапевта)	Врач-радиотерапевт Оператор-медсестра	
18	Подключение датчиков in vivo дозиметрии к аппарату Multisource HDR	Медицинский физик	
19	Вторичная укладка при смене этапа планирования	Оператор-медсестра Врач-радиотерапевт Медицинский физик Врач-топометрист	
20	Заполнение «Физико-биологического протокола по брахитерапии HDR» для каждого сеанса брахитерапии HDR	Врач-радиотерапевт Медицинский физик Оператор-медсестра	
21	Наличие протокола проведенного лечения для каждой процедуры облучения из системы управления терапевтического аппарата	Оператор-медсестра	

2.2. Пример предписания к проведению внутриволостной брахитерапии HDR (гинекология)

ФИО пациента (дата рождения)		ID	
Диагноз		Самостоятельный\ сочетанный курс лучевой терапии (нужное подчеркнуть)	

Топометрическая карта (МРТ\КТ снимки)

Распространение Шейка матки <input type="checkbox"/> Влагалище _____ см <input type="checkbox"/> Параметрии _____ см <input type="checkbox"/> Мочевой пузырь _____ см <input type="checkbox"/>		
		Ш = см В = см Т = см
		_____ день/месяц/год
		_____ Подпись / Ф.И.О./

Терапевтический аппарат		Система дозиметрического планирования	
Аппликаторы\ Имплантаты\		InVivo дозиметрия (положение детекторов)	
Техника визуализации при топометрической подготовке (нужное обвести)		С-дуга	КТ МРТ

Суммарная доза для HDR (Гр) _____ число фракций _____ Доза за сеанс (Гр) _____

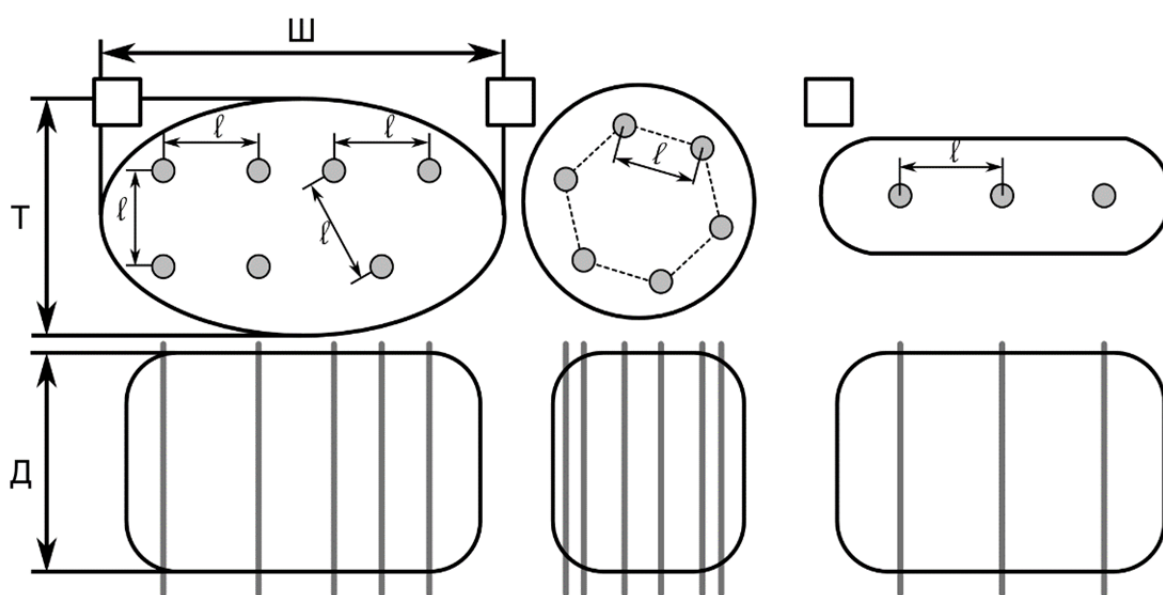
Объем\ контрольная точка	Доза ^{HDR} / Доза ^{курс ЛТ} (Гр\ %ПД)	EQD ₂ ^{HDR} /EQD ₂ ^{курс ЛТ} ($\alpha/\beta=10$ Гр, $\alpha/\beta=3$ Гр)*	BED ^{HDR} /BED ^{курс ЛТ} ($\alpha/\beta=10$ Гр, $\alpha/\beta=3$ Гр)*
Точка «А» справа и слева			
HR CTV D ₉₀			
HR CTV D ₁₀₀			
IR CTV D ₉₀			
IR CTV D ₁₀₀			
D _{референсного объема}			
D _{2cc} для стенки мочевого пузыря\ICRU38 доза			
D _{2cc} для стенки прямой кишки\ ICRU38 доза			
D _{2cc} для стенки сигмовидной кишки			
Врач			Дата

* $\alpha/\beta=10$ Гр – для опухоли и ранних осложнений критических органов;
 $\alpha/\beta=3$ Гр – для поздних осложнений критических органов.

2.3. Пример предписания к проведению внутритканевой брахитерапии HDR

ФИО пациента (дата рождения)		ID	
Диагноз		Самостоятельный\ сочетанный курс лучевой терапии (нужное подчеркнуть)	

Топометрическая карта (МРТ\КТ снимки)



Толщина СТВ (GTV) _____ см
Длина СТВ (GTV) _____ см
Ширина СТВ (GTV) _____ см

ℓ _____ см

Врач-топометрист _____

Терапевтический аппарат		Система дозиметрического планирования		
Аппликаторы\ Имплантаты\ 				
Техника визуализации при топометрической подготовке (нужное обвести)	С-дуга	КТ	МРТ	

Суммарная доза для HDR (Гр) _____ число фракций _____ Доза за сеанс (Гр) _____

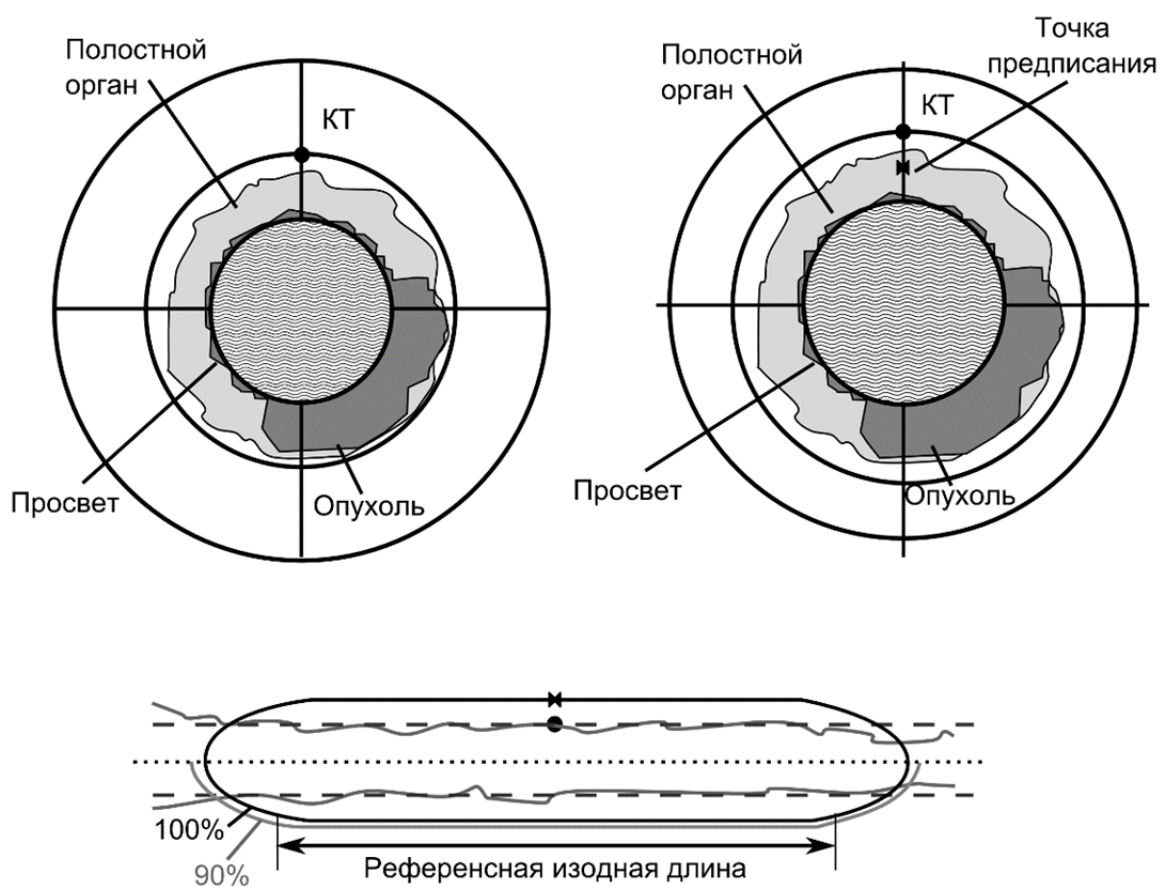
Объем\ контрольная точка	Доза ^{HDR} / Доза ^{курс ЛТ} (Гр\ %ПД)	$EQD_2^{HDR} / EQD_2^{курс ЛТ}$ ($\alpha/\beta=10$ Гр, $\alpha/\beta=3$ Гр)*	$BED^{HDR} / BED^{курс ЛТ}$ ($\alpha/\beta=10$ Гр, $\alpha/\beta=3$ Гр)*
Контрольная точка			
$D_{100}GTV$, (БД)			
$D_{100}(CTV)$, (КО, МДМ, МПД)			
Критические ор- ганы			
Врач			Дата

* $\alpha/\beta=10$ Гр – для опухоли и ранних осложнений критических органов;
 $\alpha/\beta=3$ Гр – для поздних осложнений критических органов.

2.4. Пример предписания к проведению внутрисветной брахитерапии HDR

ФИО пациента (дата рождения)		ID	
Диагноз		Самостоятельный\ сочетанный курс лучевой терапии (нужное подчеркнуть)	

Топометрическая карта (МРТ\КТ снимки)



Терапевтический аппарат		Система дозиметрического планирования		
Апplikаторы\ Имплантаы\				
Техника визуализации при топометрической подготовке (нужное обвести)	С-дуга	КТ	МРТ	

Суммарная доза для HDR (Гр) _____ число фракций _____ Доза за сеанс (Гр) _____

Объем\ контрольная точка	Доза ^{HDR} / Доза ^{курс ЛТ} (Гр\ %ПД)	EQD ₂ ^{HDR} / EQD ₂ ^{курс ЛТ} ($\alpha/\beta=10$ Гр, $\alpha/\beta=3$ Гр)*	BED ^{HDR} /BED ^{курс ЛТ} ($\alpha/\beta=10$ Гр, $\alpha/\beta=3$ Гр)*
Контрольная точка			
D ₁₀₀ GTV			
D ₉₀ CTV, (МДМ, МПД, объем облучения (Target Volume (TV)))			
Критические органы			
Врач			Дата

* $\alpha/\beta=10$ Гр – для опухоли и ранних осложнений критических органов;
 $\alpha/\beta=3$ Гр – для поздних осложнений критических органов.

Список литературы

1. Хансен Э.К. Лучевая терапия в онкологии: пер. с англ. / Э.К. Хансен.; под ред. проф. А.В. Черниченко. – 2010.
2. Злокачественные опухоли. Международный ежеквартальный научно-практический журнал по онкологии. № 4. ISSN2224-5057, 2016.
3. Онкология. Клинические рекомендации / под ред. Акад. РАН Н.Н. Давыдова. – Москва: Издательская группа РОНЦ, 2015.
4. Алиев М.Д. Детская онкология. Национальное руководство / М.Д. Алиев, В.Г. Поляков, Г.Л. Менткевич, С.А. Маякова. – Москва: Издательская группа РОНЦ. Практическая медицина, 2012.
5. Gregory M.M. Handbook of treatment planning in radiation oncology / M.M. Gregory. Second edition. – 2015.
6. Barrett A. Practical Radiotherapy Planning / A. Barrett (4th ed.). CRC Press. – 2009. – URL: <https://doi.org/10.1201/b13373>,
7. Серия атласов RTOG. URL: <https://www.rtog.org/CoreLab/ContouringAtlases.aspx>
8. Prescribing, Recording and reporting Photon beam therapy. ICRU Report 62, 1999.
9. Prescribing, Recording and reporting Intensity-Modulated photon beam therapy (IMRT), ICRU Report 83, 2010.
10. Lee N.Y. Target Volume Delineation and Field Setup. A Practical Guide for Conformal and Intensity-Modulated Radiation Therapy, 2013.
11. Giampiero A.C. Delineating Organs at Risk in Radiation Therapy, 2013.
12. Caudell J. Radiation Oncology. A study guide, 2010.
13. Schlegel W. New Technologies in Radiation Oncology. Journal of Nuclear Medicine, 49 (4), DOI: 10.2967/jnumed.107.048827, Apr 2008, p. 683-684.
14. Nieder C. Re-irradiation: new frontiers. – Berlin: Springer, 2011.
15. Stereotactic Body Radiotherapy. Clinical Review of the Evidence for SBRT. National Cancer Action Team (Part of the National Cancer Program). Version 1, 2010.
16. Schulz R. Shaped-Beam Radiosurgery: State of the Art, Springer, New York, NY, USA, 2011.
17. Lo S.S. Stereotactic Body Radiation Therapy, 2012.
18. Benedict S. H. Stereotactic body radiation therapy: The report of AAPM Task Group 101. Med Phys. 37, 2010.
19. Серия протоколов по количественному анализу эффектов нормальных тканей в клинике QUANTEC (Quantitative Analysis of Normal Tissue Effects in the Clinic).
20. Климанов В.А. Радиобиологическое и дозиметрическое планирование лучевой и радионуклидной терапии / В.А. Климанов. В 2-х частях. – Москва: Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», 2011.
21. Джойнер М.С. Основы клинической радиобиологии / М.С. Джойнер. – 2014.
22. Miften M. Tolerance limits and methodologies for IMRT measurement-based verification QA: Recommendations of AAPM Task Group No. 218. Med Phys. 2018 Apr; 45 (4): e53-e83. doi: 10.1002/mp.12810. Epub, 2018.
23. Daniel Bourland J. Image Guided Radiation Therapy, 2012.
24. A European study on MRI-guided brachytherapy in locally advanced cervical cancer (EMBARACE). The Basic of Brachytherapy. Series of ESTRO booklets (parts 1, 2.), 2002.

Производственно-практическое издание

СУХИХ Евгения Сергеевна
СУТЫГИНА Яна Николаевна
СТАХОВА Ольга Михайловна

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВЕННОЙ РАБОТЫ ДИСТАНЦИОННОЙ И КОНТАКТНОЙ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ

Методические рекомендации

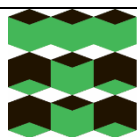
Издано в авторской редакции

Компьютерная верстка *О.Ю. Аршинова*
Дизайн обложки *А.И. Сидоренко*

Подписано к печати 10.05.2023. Формат 60x84/16. Бумага «Снегурочка».

Печать CANON. Усл. печ. л. 1,63. Уч.-изд. л. 1,47.

Заказ 159-23. Тираж 50 экз.



Издательство

ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ