

процесу при наявності припустимої системної токсичності, що робить доцільним подальший розвиток застосування даної методики при лікуванні пацієнтів з онкопатологіями голови та шиї.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Гладилина И. А.* Радиосенсибилизация в лучевой терапии злокачественных новообразований / И. А. Гладилина // Эффект. фармакотерапия. Онкология, гематология и радиология. — М.: Изд. дом группы компаний «Медфорум», 2011. — № 1. — С. 46–53.
2. *Національний канцер-реєстр України.* — Режим доступу: [www.i.com.ua/~ucr](http://www.i.com.ua/~ucr)
3. *Concurrent Intra-Arterial carboplatin and ministration and radiation therapy for the treatment of advanced head and neck squamous cell carcinoma: short term results / I. Bertino, A. Occhini, C. E. Falco et al. // Cancer.* — 2009. — P. 328.
4. *Stereotactic body radiation therapy for head and neck tumor disease control and morbidity outcomes / N. Kodani, H. Yamazaki, T. Tsubokura et al. // J. Radiat. Res.* — 2011. — Vol. 52. — P. 24–31.
5. *Response Evaluation Criteria In Solid Tumors 1.1.* — Режим доступу: <http://www.recist.com>
6. *RapidArc, SmartArc and TomoHD compared with classical step and shoot and sliding window intensity modulated radiotherapy in an oropharyngeal cancer treatment plan comparison / D. Van Gestel, C. van Vliet-Vroegindeweij, F. van den Heuvel et al. // Radiat. Oncol.* — 2013. — Vol. 8. — P. 37.

**Резюме.** Стаття посвящена лечению нерезектабельных эпителиальных опухолей головы и шеи. Подробно изложен опыт применения лучевой терапии в сочетании с селективной регионарной химиотерапией как метод комбинированного лечения. Полная регрессия опухоли была отмечена в 5,3 %, частичная — в 80,4 %, стабилизация опухолевого процесса — в 10,7 %, прогрессия опухолевого процесса — в 3,6 %. Изложены данные о зафиксированных побочных эффектах лечения, степени их тяжести и схемах лечения. Подведены предварительные итоги результатов использования выбранной методики и ее преимуществ.

**Ключевые слова:** нерезектабельные эпителиальные опухоли головы и шеи, внутриартериальная регионарная химиотерапия, лучевая терапия, антибиотикотерапия.

**Summary.** This article is concerned with the treatment of non-resectable epithelial tumors of the head and neck. It gives a detailed account of the experience of radiation therapy in combination with selective regional chemotherapy administration as a method of combined treatment. According to the study result the complete tumor response was demonstrated in 5.3 % cases, partial tumor response — in 80.4 %, stable disease — in 10.7 %, progression of the tumor process — in 3.6 %. The reported adverse events and their treatment details are described for all severity as per NCI-CTCAE. The performed analysis suggests the preliminary study treatment results and the advantages of the selected scheme.

**Keywords:** non-resectable epithelial tumors of the head and neck, intraarterial regional chemotherapy, radiation therapy, antibiotic therapy.

Г. В. ГАЦКЕВИЧ, И. Г. ТАРУТИН

*ГУ «Республиканский научно-практический центр онкологии и медицинской радиологии им. Н. Н. Александрова», Минск, Республика Беларусь*

## ПРОБЛЕМЫ РАСЧЕТА СТАЦИОНАРНОЙ РАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ ПОМЕЩЕНИЙ ДЛЯ АППАРАТОВ ДИСТАНЦИОННОЙ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ

### THE PROBLEMS OF STATIONARY RADIOSHIELDING ROOMS DETERMINATION FOR EXTERNAL RADIOTHERAPY

Все помещения, в которых устанавливаются аппараты для дистанционной лучевой терапии (АДЛТ), должны иметь стационарную радиационную защиту. Такая защита должна обеспечивать радиационную безопасность сотрудников данного медицинского учреждения как относящихся, так и не относящихся к категории «персонал», а также к лицам, находящимся на территории клиники.

© Г. В. Гацкевич, И. Г. Тарутин, 2015

Расчет стационарной радиационной защиты — это решение физической задачи. При расчете учитывается вид излучения (фотоны, нейтроны), мощность дозы излучения и его энергия, архитектурные особенности помещения, требования к допустимому уровню радиационного фона в смежных помещениях и на территории.

Расчет защиты проводится, как правило, на стадии проектирования помещения для АДЛТ.

В результате расчетов должны быть выработаны рекомендации по выбору защитных материалов, используемых для изготовления стационарной радиационной защиты; определены требования к защитным свойствам этих материалов, то есть толщины стен и материалов для их изготовления, перекрытий пола и потолка, дверей, оконных проемов и др.

Какие проблемы возникают при расчете стационарной радиационной защиты помещений для установки гамма-аппаратов для дистанционного облучения и медицинских ускорителей?

Требования, предъявляемые к таким помещениям, изложены в действующих в Республике Беларусь нормативных документах «Гигиенические требования к обеспечению радиационной безопасности при проведении лучевой терапии» [1] и «Гигиенические требования к размещению и эксплуатации ускорителей электронов с энергией до 100 МэВ» [2].

Чтобы подчеркнуть сложность проблемы, приведем такой пример. В расчетную точку, расположенную на входной двери лабиринта, поступает фотонное и нейтронное излучение, проходящее сквозь защиту радиационной головки и стенку лабиринта, а также рассеянное фотонное и нейтронное излучение (в результате одного или нескольких отражений) от стен, пола и потолка процедурного помещения.

И если процесс расчета стационарной защиты от прямых пучков излучения достаточно прост, то расчет защиты от рассеянного фотонного (а для ускорителей и нейтронного) излучения является сложной проблемой.

Во-первых, достаточно трудоемок сам процесс расчета величины мощности эквивалентной дозы рассеянного фотонного (и нейтронного) излучения в расчетных точках. Рассчитать точно суммарную мощность эквивалентной дозы двух видов излучений различных энергий, приходящих в расчетную точку после нескольких отражений от стен, пола и потолка помещения практически невозможно.

В справочнике Машковича В. П. «Защита от ионизирующих излучений» [3] изложена методика расчета мощности дозы пучка фотонов после одного или нескольких отражений в процедурном помещении и лабиринте. Эта методика позволяет также рассчитать энергию рассеянного фотонного излучения в расчетной точке, что является очень важным при определении толщины защитного материала.

К трудностям можно отнести:

- Выбор наиболее опасных траекторий пучков фотонного излучения; выбор оптимального количества (и размеров) площадок отражения; учет рассеянного излучения от пола и потолка процедурного помещения. На точность расчетов влияет также отличие реальной поглощающей способности защитных материалов радиационной головки аппарата (гамма-аппарата или ускорителя) от используемой при расчетах.

- Невозможно найти рекомендации по определению требуемой толщины защиты, если в расчетную точку приходят пучки рассеянного фотонного излучения разной энергии и разной мощности.

- В пучках фотонного излучения с энергией более 10 МэВ появляется составляющая нейтронного излучения. И чем больше энергия фотонного излучения, тем большая составляющая нейтронного излучения. Проблемой в данном случае является определение эквивалентной дозы нейтронного излучения в расчетных точках. В расчетные точки может приходиться прямое и рассеянное нейтронное излучение с энергиями в широком диапазоне (0,01–1,2 МэВ). Коэффициент качества нейтронного излучения, который используется для перехода от поглощенной мощности дозы к эквивалентной, изменяется при этом от 3 до 20. Ошибка в определении энергии нейтронного излучения может привести к значительной неопределенности в оценке эквивалентной дозы нейтронов. Особенно трудно определить энергетический спектр нейтронов, прошедших через защитные стены, а также рассеянного нейтронного излучения, приходящегося на дверь в лабиринте процедурного помещения, как путем прямых измерений, так и расчетным путем.

В упоминаемом справочнике [3] приведена упрощенная формула расчета дозового альбеда для нейтронного излучения, что позволяет определять оценочное значение величины мощности дозы отраженного пучка нейтронного излучения. К сожалению, формула расчета величины энергии прямого (прошедшего сквозь защиту) и отраженного нейтронного излучения отсутствует. Можно, конечно, для оценки величины эквивалентной мощности дозы использовать максимальное значение коэффициента качества нейтронного излучения, равное 20, но это может привести к получению в расчетах неоправданно большой толщины защитных стен и защитного слоя для двери.

По мнению авторов этого доклада, некоторые современные методики облучения (IMRT, VMAT, SRS, SRT) позволяют получать требуемые дозные распределения в теле пациента для глубоко расположенных опухолей пучками фотонного излучения с энергиями менее 15 МэВ. Это позволит уменьшить неучитываемое облучение пациента нейтронами, а также уровень радиационного фона нейтронного излучения в помещениях, смежных с процедурным помещением ускорителя.

Во-вторых, имеется целый комплекс проблем при определении требуемой толщины материала стационарной защиты.

Имеется два подхода.

Первый подход, основанный на действующих нормативных документах Республики Беларусь [1, 2] и Российской Федерации [4, 5], предполагает (рекомендует) определение требуемой толщины материала стационарной защиты по допустимой проектной мощности эквивалентной дозы в расчетной точке с учетом энергии фотонов и нейтронов. Напомним, что в помещениях постоянного пребывания персонала действующая максимальная мощность дозы составляет 12 мкЗв/час.

Жесткая регламентация значений проектных мощностей доз в помещениях, смежных с процедурным помещением, для аппарата лучевой терапии «облегчает жизнь» как специалистам, проводящим расчет

стационарной радиационной защиты, так и представителям контролирующих учреждений Саннадзора и Атомнадзора.

Второй подход, который рекомендуется международными организациями, с одной стороны, требует учитывать реальные (установившиеся на практике) дозовые нагрузки на аппарат лучевой терапии, но, с другой стороны, предполагает ряд спорных, по нашему мнению, допущений.

Проведем расчет допустимой мощности дозы (ДМД) для комнаты управления ускорителем.

ДМД определяется по формуле:

$$\text{ДМД} = D_{\text{годовая}} : T_{\text{облучения}}$$

Для персонала  $D_{\text{годовая}} = 20 \text{ мЗв}$ .

$T_{\text{облучения}}$  равно времени генерации излучения.

Время генерации излучения зависит от количества пролеченных пациентов в смену и методик облучения (что связано с количеством переукладок пациента в процессе сеанса высокотехнологичного облучения).

Проведенные нами измерения показывают, что  $T_{\text{облучения}}$  составляет не более 0,2 от длительности рабочего времени при непрерывном потоке пациентов.

Так, согласно докладу NCRP 49 [6], предполагается при расчете лучевой нагрузки для линейных ускорителей использовать нагрузку на аппарат от пролеченных за восемь часов в день 50 пациентов. Рекомендуемая лучевая нагрузка для обычных многопольных методик равна 1000 Гр/неделю. Такую же нагрузку рекомендует МАГАТЭ [7].

В один день лучевая нагрузка на аппарат будет составлять 200 Гр, в час — 28,6 Гр (при 7-часовом рабочем дне).

При стандартной (обычно используемой) мощности дозы 3 Гр/мин время генерации дозы в 28,6 Гр составит 9,52 минуты. Это время генерации относительно одного часа составляет 0,16.

Если сотрудник категории «персонал» находится в комнате управления все рабочее время, то время облучения за год составит 272 часа ( $1700 \cdot 0,16 = 272$ ).

Допустимое значение мощности дозы в комнате управления будет равно:

$$\text{ДМД} = 20\,000 : 272 = 73,5 \text{ мкЗв/час}$$

Значение проектной мощности дозы 36,8 мкЗв/час (сравните с рекомендуемой нашими документами величиной 6 мкЗв/час!).

При таком подходе требуемая толщина радиационной защиты из бетона от фотонного излучения с энергией 18 МэВ и мощностью поглощенной дозы в пучке на метре 3 Гр/мин для расчетной точки, находящейся на расстоянии 6,5 м от источника излучения (от мишени ускорителя), будет составлять 220 см.

Для справки: рекомендации фирмы «Elekta» по проектированию процедурных помещений для ускорителей для одного из белорусских ускорителей дают толщину защиты из бетона 237 см. Согласно нормативным документам Республики Беларусь и Российской Федерации, требуемая толщина защиты будет составлять 250 см бетона.

И это еще не все! Исходя из рекомендаций доклада NCRP 49, при расчете радиационной защиты следует учитывать коэффициент использования (U). Этот коэффициент характеризует время направления пучка излучения в рассчитываемую точку защиты.

При многопольной методике облучения все направления пучка излучения можно считать равновероятными. Для этого случая, согласно NCRP N51 [8], значение  $U = 0,25$ .

Следовательно ДМД станет равной 294 мкЗв/час (проектная мощность дозы — 147 мкЗв/час).

**При этом предельная годовая дозовая нагрузка на персонал в 20 мЗв не будет превышена!**

В такой ситуации, по нашему мнению, следует обратить внимание на три момента:

1. Какова будет реакция контролирующей организации, если измеренная мощность дозы в комнате управления составит более 200 мкЗв/час? Согласится ли она с допущениями, приведенными выше?

2. Какова будет реакция персонала? Десятки лет считалось, что допустимая мощность дозы в комнате управления не должна была превышать 12 мкЗв/час, а теперь, оказывается, может доходить и до 200 мкЗв/час и более?

3. В РНПЦ ОМР им. Н. Н. Александрова имеется большой статистический материал о получаемых дозовых нагрузках персоналом, обслуживающим медицинские ускорители.

На основании этих данных за последние 5 лет средняя дозовая нагрузка на сотрудника категории «персонал» (техника и инженера) за год составляет около 2 мЗв. Максимальные достигали 2,3–2,5 мЗв.

Естественно, при новых значениях ДМД (и проектных значениях мощности дозы) на рабочих местах, о которых говорилось выше, годовые дозовые нагрузки на персонал возрастут и приблизятся к 20 мЗв.

Хорошо это или плохо?

Достоверно известно, что стационарная радиационная защита, при расчете которой использовалась проектная мощность дозы 6 мкЗв/час, и действующее значение 12 мкЗв/час не допускают аномального роста заболеваемости сотрудников категории «персонал».

Какие будут последствия в долгосрочной перспективе, если проектные мощности доз увеличить более чем в 20 раз, предсказать трудно.

Последний вопрос: целесообразно ли изменять существующие в наших странах нормативы допустимой мощности дозы в помещениях постоянного пребывания персонала и заменять их в основных и отраслевых нормативных документах на международные?

Мы считаем, что нет! Что мы получаем взамен?

Некоторое уменьшение толщины защитных стен (на 20–30 см) и увеличение лучевой нагрузки на персонал, приближающейся к 20 мЗв в год. Экономия бетона при изготовлении защитных стен при общей их толщине, превышающей 2,5 м, можно считать незначительной. Более жесткий радиационный контроль в наших странах следует считать более щадящим

и уменьшающим в 7–10 раз вероятность возникновения стохастических эффектов облучения у персонала в будущем по сравнению с существующей международной практикой.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гигиенические требования к обеспечению радиационной безопасности при проведении лучевой терапии* : СанПиН Республики Беларусь 2.6.3.13-24-2006.
2. *Гигиенические требования к размещению и эксплуатации линейных ускорителей электронов с энергией до 100 МэВ* : СанПиН Республики Беларусь 2.6.1.13-34-2006.
3. *Защита от ионизирующих излучений* / В. П. Машкович и др. — М. : Атомиздат, 1995.
4. *Гигиенические требования по обеспечению радиационной безопасности при лучевой терапии закрытыми радионуклидными источниками* : МУ 2.6.1.2135-06-2007.
5. *Гигиенические требования к размещению и эксплуатации ускорителей электронов с энергией до 100 мэВ : метод. указания РФ* : СанПиН 2.6.1. 2573-2010. — 2010 г.
6. *Structural Shielding Design and evaluation for Medical Use of X-rays and Hamma-rays of energies up to 10 MeV*/ NCRPM, Rep. 49. — Washington, 1976.
7. *Radiation Protection in the Design of Radiotherapy Facilities/SRS No. 47.*— IAEA, 2006. — 129 p.
8. *Radiation Protection Guidelines for 0,1-100MeV Particle Accelerators Fzilities/NCRPM, Rep. 51.* — Washington, 1977.

**Резюме.** Розглянуто нерозв'язану проблему внеску в дозу, яку отримує персонал, нейтронів, що виникають на медичних лінійних прискорювачах електронів.

Обговорено проблеми розрахунку радіаційного захисту приміщень для апаратів дистанційного опромінення. Методика розрахунку товщини захисних стін, застосовувана в країнах колишнього СНД, базується на неперевищенні допустимого рівня потужності еквівалентної дози у приміщеннях постійного перебування персоналу.

**Ключові слова:** променева терапія, дистанційні апарати, захист приміщень, проблеми.

**Summary.** The problem of neutron component determination on Linacs is discussed. In this time the Linacs neutron problem is uncertain. The calculation problems of treatment rooms walls shielding is discussed also. Now two calculation methods are used in world. The first is used in CIS and has the limitation of dose-rate in operational rooms — the places of constant work of personal.

**Keywords:** radiotherapy, external radiation units, shielding of treatment rooms, problems.

В. И. ЛЫСАК, Е. В. ГОРДЕЕВА, И. В. МИРОШНИЧЕНКО, И. Н. РЕПЕЦКАЯ  
А. Ю. ЧОРНАЙ, И. В. СУБОТИНА, Г. Б. БЕРНШТЕЙН, А. Б. ВИННИЦКАЯ

*Клиника ЛИСОД, Киев*

## ХИМИОЛУЧЕВАЯ ТЕРАПИЯ

### МЕСТНО-РАСПРОСТРАНЕННОГО РАКА ШЕЙКИ МАТКИ

#### CHEMORADIOTHERAPY OF LOCALLY ADVANCED CERVICAL CANCER

Рак шейки матки (РШМ) остается одной из самых распространенных злокачественных опухолей в мире, даже несмотря на внедрение многочисленных скрининговых программ. Ежегодно в мире регистрируется около 500 тыс. случаев РШМ. Причем 88 % приходится на страны с низким и средним уровнем доходов населения. Почти половина женщин умирают в течение первого года после постановки диагноза, это связано с поздним диагностированием РШМ в III–IV стадиях [1, 2].

Отмечается также распространенность случаев РШМ среди женской популяции моложе 30 лет, нередко имеющих уже запущенные формы, что по частоте

уступает лишь раку молочной железы. Наибольшие трудности у клиницистов вызывает лечение именно этой категории больных, так как регионарное распространение опухоли приводит к быстрому лимфогенному метастазированию.

Лучевая терапия (ЛТ) всегда считалась наиболее эффективным методом лечения больных с распространенным процессом РШМ (IB–IVA) [3].

В последние три десятилетия ведущие онкологические центры мира активно накапливают клинический опыт химиолучевой терапии РШМ у первично неоперабельных больных. Кроме того, имеет место тенденция отказа от ультрарадикальных операций в связи с тем, что это не продлевает жизнь больных, но в то же время сопровождается высокой частотой тяжелых осложнений [4, 5].

© В. И. Лысак, Е. В. Гордеева, И. В. Мирошниченко,  
И. Н. Репецкая, А. Ю. Чорнай, И. В. Суботина,  
Г. Б. Бернштейн, А. Б. Винницкая, 2015