

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОЙ ДИСТАНЦИОННОЙ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ. ВЗГЛЯД СО СТОРОНЫ

И.Г. Тарутин

Республиканский научно-практический центр онкологии и медицинской радиологии
им. Н.Н. Александрова, Минск, Белоруссия

Статья посвящена проблемам развития технического обеспечения лучевой терапии в Российской Федерации на ближайшие 10–15 лет. Рассмотрены следующие направления развития:

1. Состав оборудования, входящего в радиотерапевтические комплексы.
2. Ситуация с развитием высокотехнологичной лучевой терапии (ВЛТ) в России в 2021 г.
3. Международные подходы к количеству комплексов ВЛТ, включая ускорители электронов (ЛУЭ).
4. Потребность в будущем количестве ЛУЭ и радиотерапевтических комплексов в России.
5. Как рассчитывать количество комплексов и ЛУЭ в каждой отдельной клинике.
6. Особые возможности ведущих клиник.
7. Где покупать радиотерапевтические комплексы, включая ЛУЭ, остальным клиникам?
8. Какие ускорители нужно закупать?
9. Какие ускорители выпускать на Российских заводах?
10. Какова стоимость проекта, если он будет принят?
11. Развитие сервисных центров.
12. Кадровое обеспечение.
13. Строительство корпусов для размещения новой техники или реконструкция бункеров.
14. Нормативные сроки.
15. Новые типы ускорителей.
16. Метрологическое обеспечение.
17. Дозиметрическое обеспечение.
18. Развитие протонных ускорителей и генераторов нейтронов.
19. Сколько лет нужно ждать начала выпуска серии российских ускорителей?

Проблема вывода в России технического обеспечения оборудования для современной лучевой терапии на передовой международный уровень является очень сложной, разноплановой и дорогостоящей. Без серьёзной государственной поддержки она не может быть решена. Но уже сейчас этим нужно начинать заниматься. Специалистов необходимого уровня в стране достаточно. Необходимо разрабатывать общий концептуальный проект её реализации, а затем и отдельные, но очень крупные задачи, в него входящие.

Ключевые слова: *дистанционная лучевая терапия, организационно-экономические проблемы, техническое оборудование, развитие, Российская Федерация, взгляд со стороны*

DOI: 10.52775/1810-200X-2021-92-4-5-12

Высокотехнологичная лучевая терапия (ВЛТ) для лечения онкологических заболеваний стремительно развивается в всем мире. Развитие технических средств облучения пациентов привело к созданию современных линейных ускорителей электронов (ЛУЭ) и отказу во многих странах от использования гамма-терапевтических аппаратов с источниками излучения ^{60}Co . Лучшие характеристики выходных устройств ускорителей позволили получать такие распределения поглощённой дозы, которые невозможно получить на гамма-терапевтических аппаратах. Созданы сложные методы облучения, такие как стереотаксис, облучение, синхронизированное с дыханием пациентов (4D), методики динамического облучения с изменяемыми характеристиками, IMRT, VMAT, IGRT, FFF и другие.

Появились ускорители, отличающиеся по своей конструкции от стандартных аппаратов, давно применяемых в лучевой терапии: кибернож, томотерапия и другие, позволяющие осуществлять динамическое облучение. Некоторые модели представляют собой гибридные аппараты, содержащие в одном корпусе, кроме ускорителя ещё и компьютерные рентгеновский или магнитно-резонансный томографы.

Разработаны и продолжают совершенствоваться вспомогательные аппараты и устройства для предлучевой подготовки пациентов к облучению, дополняющие ускорители, что привело к появлению в лучевой терапии современных радиотерапевтических комплексов.

1. Какое оборудование должно применяться в высокотехнологичной лучевой терапии (ВЛТ)?

Радиотерапевтические комплексы. Что в них входит?

- ✓ автоматизированные ЛУЭ различной конструкции;
- ✓ компьютерные рентгеновские томографы для проведения предлучевой подготовки со встроенной системой виртуальной симуляции, заменяющей ещё недавно выпускаемые симуляторы;
- ✓ магнитно-резонансные томографы, хорошо визуализирующие мишени в мягких тканях тела;
- ✓ компьютерные системы планирования ВЛТ;
- ✓ системы верификации условий облучения, включая дозиметрическое сопровождение;

- ✓ сетевое обеспечение работы комплексов ВЛТ и его связь с информационной сетью клиники;
- ✓ программы гарантии качества ВЛТ, включая постоянный контроль качества всего применяемого оборудования и приборов.

Если клиники располагают ПЭТ или ПЭТ/КТ, их необходимо обязательно использовать в предлучевой подготовке пациентов, которым будет проводиться стереотаксис и/или 4D, а также и другие виды ВЛТ. Применение ПЭТ/КТ в этих случаях позволяет уточнить размеры и конфигурацию облучаемых мишеней и их более точное расположение в теле.

2. Какова ситуация с ВЛТ в России?

Всё оборудование для высокотехнологичных радиотерапевтических комплексов в Российской Федерации не выпускается. Предлагаются единичные ускорители, на 6 МВ, созданные в НИИЭФА им. Д.В. Ефремова в Петербурге. Но они “погоды” не делают. Практически везде закупаются зарубежные модели ускорителей. Наиболее известными компаниями, их выпускающими, являются “Вариан” (США) и “Электа” (Англия). Специальные аппараты выпускаются американской компанией “Аккурэй”. Следует отметить, что компании постоянно совершенствуют свою выпускаемую продукцию. Каждые 2–3 года на мировом рынке появляются новые модели ускорителей с различными характеристиками терапевтических пучков излучения. Особое внимание уделяется совершенствованию многопластинчатых диафрагм, лечебных столов, систем верификации, полной компьютеризации, улучшению точности установки геометрических и дозовых характеристик, математическому обеспечению, а также их надёжности.

3. Международные подходы к количеству комплексов ВЛТ, включая ускорители

Каждая страна устанавливает свои рекомендации по количеству комплексов на 1 млн жителей. Учитывается онкологическая заболеваемость, а также количество заболевших пациентов, которым показана лучевая терапия. Европейский союз рекомендует своим странам применять 5–6 комплексов на 1 млн жителей,

чтобы доставлять лучевую терапию 50–60 % пациентов. Здесь нельзя не учитывать и финансовые возможности отдельных стран, но им оказывается помощь со стороны Европейского Союза, поэтому ситуация в Европе с каждым годом улучшается.

4. Потребности в количестве ЛУЭ и радиотерапевтических комплексов в России

В России периодически публикуются оценки количества ускорителей, которые необходимо иметь в 2025 г. и даже позже [1, 2]. В.А. Костылев в работе [1] указывал цифру 1000 ускорителей, а в середине 30-х годов – 3000 аппаратов. В работе [2] приведена цифра 790 аппаратов, необходимых уже в 2015 г. Авторы также посчитали количество ускорителей, применяемых в России в 2015 г. (193). За прошедшие после этой публикации годы вряд ли в стране было добавлено более 50–70 аппаратов.

Кроме ускорителей должны ли клиники иметь вспомогательные системы (КТ, МРТ, ПЭТ) для применения в ВЛТ? Это зависит от количества пациентов, направляемых на лучевую терапию. В больших клиниках их может быть по 3–4 системы, а в малых центрах – по 1–2. Принципиально можно создавать коллективные центры лучевой терапии. Предлучевая подготовка будет проходить в хорошо оборудованных клиниках, например в областных, а облучение будет проводиться в небольших клиниках. Такая организация технологического процесса ещё требует внимательного изучения, но имеет право на существование, особенно в лечении очень сложных пациентов.

При подсчётах следует учитывать необходимость постоянной замены отработавшего нормативный срок оборудования на новое. Действующий в России нормативный срок использования радиационного оборудования и приборов установлен в 10 лет. Если прогнозы В.А. Костылева о 1000 аппаратов в 2025 г. и 3000 в 2035 г. сбываются, то в перспективе необходимо будет ежегодно заменять от 100 до 300 аппаратов.

5. Как рассчитывать количество комплексов и ЛУЭ в каждой отдельной клинике?

Где они должны быть размещены? Следует учесть, что ЛУЭ в клиниках должно быть не менее двух. Это связано с необходимостью жёстко соблюдать режимы фракционирования облучения. Выход из строя одного аппарата по различным причинам, поломкам, обслуживанию, регулярным проверкам качества их работы и т.п. вызывает необходимость перевода пациентов для облучения на второй аппарат. Биологический эффект облучения при этом сохраняется. В целом общее количество ускорителей в клиниках необходимо определять, исходя из мирового и отечественного опыта, а также из потоков пациентов, направляемых на облучение. Потоки в стране должны быть доведены хотя бы до Европейских 60–70 % от общего количества заболевших. По данным рекомендаций российских ведущих радиационных онкологов необходимо в день (2 смены) пролечивать на одном аппарате до 40 человек и до 400 человек в год [3].

6. Особые возможности ведущих клиник

Особыми возможностями должны располагать ведущие радиологические клиники страны, а их около 30, по закупке новейшего зарубежного оборудования в качестве образцов для всей страны. Именно эти клиники должны разрабатывать новые методы ВЛТ и внедрять их в своих регионах и даже во всей стране. Это касается в первую очередь стереотаксического облучения с использованием малых фотонных полей. Нужно заметить, что малые поля облучения всё шире применяются в ВЛТ. Это объясняется большими успехами в диагностической радиологии. Ведущие клиники должны также стать учебными центрами для радиационных онкологов и медицинских физиков в своих регионах и в стране в целом, оказывать методическую помощь небольшим клиникам в применении ВЛТ, а также осуществлять для них современную предлучевую подготовку, если эти клиники таким нужным оборудованием не располагают. А облучение эти клиники смогут проводить уже сами на своих аппаратах.

7. Где покупать радиотерапевтические комплексы, включая ЛУ, остальным клиникам?

Существует 2 возможности: закупка оборудования за рубежом или организация его выпуска непосредственно в России. При закупке зарубежного оборудования в клиниках нужно устанавливать ускорители только одной фирмы. Это позволит унифицировать технологический процесс и сократить время перевода пациентов с одного аппарата на другой без повторения предлучевой подготовки. Конечно, ведущие клиники страны могут эксплуатировать аппараты разных компаний. Имеющийся у них штат может легко решать проблемы перевода пациентов с аппарата на аппарат. Но в малых клиниках требование иметь одинаковые ускорители можно считать оптимальным.

Рассмотрим вторую возможность. Это разработка и серийный выпуск оборудования для ВЛТ в РФ:

- ✓ создание производства (завода, а, может быть, и нескольких);
- ✓ выпуск ускорителей по 100–150 аппаратов в год, а в будущем по 250–300;
- ✓ выпуск оборудования для проведения предлучевой подготовки (20–25 в год);
- ✓ выпуск дозиметрического оборудования;
- ✓ выпуск планирующих систем.

Необходимо создать специализированный проектный институт или КБ по разработке новых современных моделей оборудования и его модернизации. В случае создания нескольких заводов каждый из них должен иметь своё конструкторское бюро, разрабатывающее свои типы ускорителей. Это приведёт к возникновению конкуренции на рынке их продажи, что может положительно сказаться на развитии лучевой терапии в стране. Возможно, будет необходимо перепрофилировать какой-нибудь из заводов, работающих в стране. Необходимо будет привлекать к производству вспомогательные предприятия, поставляющие комплектующие устройства и приборы, например, системы СВЧ-питания, а также запасные части для ускорителей.

Вся продукция, выпускаемая созданными предприятиями, должна иметь сертификаты IEC, ISO, CE, что позволит предлагать её на рынки стран СНГ и дальнего зарубежья.

8. Какие ускорители нужно закупать?

Областные радиологические клиники должны закупать ЛУЭ с несколькими энергиями фотонов (от 6 до 15 МВ). Следует учесть, что в мире идёт массовый отказ от фотонов 18 МВ и выше, что связано с необходимостью уменьшения дополнительного нейтронного фона при облучении пациентов и удешевлением стоимости выпускаемых аппаратов. Обсуждается вопрос о создании типов ускорителей отдельно для фотонов и электронов [5, 6]. Облучение пациентов электронами составляет около 15 % от общего их количества. Создаваемые ускорители только для одного вида выпускаемого излучения позволят упростить конструкции аппаратов и тем самым уменьшить их стоимость.

Вспомогательные радиологические клиники могут закупать более дешёвые аппараты с излучением 6–10 МВ в связи с ограниченным финансированием и нехваткой кадров. Но и эти ускорители должны быть укомплектованы многопластинчатыми диафрагмами, позволять проводить динамическое облучение. Высокие технологии лучевой терапии позволяют получать оптимальные характеристики динамического облучения, практически не уступающие таковым при более высоких энергиях фотонов.

9. Какие ускорители выпускать на российских заводах?

Заводы на первом этапе работы могут выпускать ускорители по лицензиям зарубежных фирм. Затем переходить на выпуск отечественных моделей. Вопрос о номенклатуре типов выпускаемых ускорителей должен решаться при самом активном участии ведущих радиационных онкологов и медицинских физиков страны. Эти же специалисты должны уже сейчас начать обсуждение вопроса об оптимальном количестве ускорителей, устанавливаемых в каждом регионе каждого федерального округа, а также о количестве необходимых для их эксплуатации радиационных онкологов, инженеров и медицинских физиков. Естественно, при этом необходимо обязательно учитывать онкологическую заболеваемость в каждом регионе отдельно, структуру заболеваемости и прогнозы их изменения на 10–15 лет вперёд.

10. Какова стоимость проекта, если он будет принят?

В работе [1] приведены цифры, относящиеся к закупкам зарубежного оборудования. Стоимость закупок для всей страны в необходимых масштабах будет гигантской. Будет ли организация выпуска отечественного оборудования для лучевой терапии и его выпуск дешевле, чем закупки из-за границы? Пока это трудно даже предположить. Но к обсуждению настоящей проблемы нужно уже сейчас привлекать специалистов из разных сфер деятельности: организаторов производства в промышленности, экономистов, юристов, ведущих радиационных онкологов, ведущих медицинских физиков. Решения должны быть приняты только на государственном уровне.

11. Развитие сервисных центров

Необходимо создание центров по техническому обслуживанию, ремонту, монтажу и наладке новых аппаратов. Такие центры должны создаваться в каждом Федеральном округе. Количество их должно обеспечивать поддержку всех работающих в регионе ускорителей. Поддержка зарубежных ускорителей в России уже существует. Но если количество их будет значительно увеличиваться, то и число сервисных центров, их поддерживающих, тоже увеличится. Решать этот вопрос будут сами компании, поставляющие оборудование.

Сколько российских ускорителей может обеспечить обслуживанием один сервисный центр? Но ведь кроме ускорителей, необходимо обеспечивать сервисом и оборудование для предлучевой подготовки. Понятно, что штат этих центров должен соответствовать количеству обслуживаемого оборудования. Эти центры могут обслуживать ещё и отечественные диагностические аппараты. Можно предположить, что сумма 40–50 аппаратов будет для них достаточно. А может быть, и больше. Самый сложный вопрос здесь заключается в наличии соответствующего числа квалифицированных специалистов: инженеров и медицинских физиков. Второй вопрос – это регулярная поставка этим центрам запасных частей. Только тогда простой аппаратов из-за необходимого ремонта могут быть сведены к минимуму.

12. Кадровое обеспечение

Должны быть подготовлены технические специалисты не только для медицинских учреждений, но и для сервисных центров и для работы в КБ и на заводах. А как определить количество подготовленных специалистов для такой работы? В России существуют нормативы только для клинических учреждений, проводящих лучевую терапию [7]. К сожалению, данный приказ не предусматривает работу аппаратов в 2 смены. Представляется ошибочной одна штатная единица физика для работы на двух системах планирования. Конечно, в части, касающейся работы медицинских физиков и инженеров, документ должен быть пересмотрен в сторону увеличения штатов для двухсменной работы.

О подготовке специалистов соответствующей квалификации для будущих времен. В Российской Федерации ситуация с подготовкой врачей, физиков и инженеров может считаться хорошей. Уже многие университеты готовят медицинских физиков, инженеров и врачей. Ассоциация медицинских физиков России отлично организовала последипломное усовершенствование специалистов, в том числе и под эгидой МАГАТЭ. Но при увеличении парка терапевтических ускорителей необходимо будет в разы (4–5 раз) увеличить и подготовку всех специалистов в университетах, и их последипломное усовершенствование. Нужно разрабатывать и новые программы обучения специалистов, учитывающие развитие новых высоких технологий лучевой терапии.

13. Строительство корпусов для размещения новой техники или реконструкция бункеров гамма-терапевтических аппаратов для размещения малых ускорителей

Первое, что тут нужно сделать, это провести инвентаризацию всех бункеров страны, в которых сейчас размещаются ускорители и гамма-терапевтические аппараты для дистанционного облучения. Вместо гамма-аппаратов можно устанавливать ускорители с малой энергией фотонов. Из этого перечня необходимо выделить помещения, в которых размещены ускорители с энергией фотонов более 10 МВ. Таким образом, можно разделить все бункеры на два класса: для больших ускорителей и для малых

аппаратов. Далее можно подсчитать, сколько помещений для новых аппаратов нужно ещё построить. При этом нужно оценить количество пациентов, которые нуждаются в лучевой терапии в каждой области и в каждом Федеральном округе в целом в настоящее время и в будущем через 10–15 лет.

Для размещения новых ускорителей можно разработать типовые проекты новых корпусов. Как правило, это подходит для ускорителей на энергию менее 10 МВ. Для ускорителей на более высокие энергии проекты могут быть индивидуальными. Может потребоваться внести изменения в существующие Строительные нормы и правила (СНИП), а также в другие нормативные документы. Нужно жёстко соблюдать требования санитарных правил и не размещать бункеры в центре зданий, да ещё и на разных этажах, как это сделано в старом типовом проекте. Отделения лучевой терапии должны размещаться только в отдельных зданиях или в отдельных крыльях существующих зданий. Бункеры должны размещаться только на первых этажах.

Сможет ли один проектный институт разработать проекты для строительства новых и реконструкции старых бункеров? Наверное, нет. Необходимо будет привлекать к этим работам и местные проектные институты. Здесь и потребуются новый СНИП и современные санитарные правила. Существующий СанПиН для ускорителей с энергией до 100 МэВ применять для медицинских ускорителей на энергию менее 20 МэВ явно избыточно [8]. Необходимо создавать отдельные санитарные правила для медицинских ускорителей электронов.

14. Нормативные сроки

Нормативный срок применения радиационной техники 10 лет в отношении ЛУЭ, наверное, при качественном обслуживании можно было бы увеличить до 15 лет. Тогда годовой выпуск ускорителей может быть несколько уменьшен. Будут уменьшены и финансовые расходы на замену аппаратов.

15. Новые типы ускорителей

Появление новых специализированных ускорителей, в том числе гибридных, можно апробировать в крупных клиниках и только потом рекомендовать их для всей страны.

16. Метрологическое обеспечение

Остро стоит проблема метрологического обеспечения работы ЛУЭ. Гамма-аппараты будут уходить из клиник. Как калибровать мониторные единицы в ускорителях? Погрешность калибровок должны быть на уровне 1 %. В то же время лаборатории 2-го разряда должны быть в каждом Федеральном округе. Должна быть улучшена ситуация с калибровкой дозиметров в учреждениях, содержащих эталоны поглощённой дозы. Создавать ли там эталонные ускорители? Какие методики должны при этом использоваться? По каким характеристикам фотонного излучения? А как будут лаборатории 2-го разряда калибровать рабочие дозиметры пользователей? Одинаково установленные энергии ускоряемых электронов в разных ускорителях могут на несколько процентов отличаться друг от друга. Выходом может быть калибровка дозиметров по величинам D_{20}/D_{10} или TPR_{20}/TPR_{10} при различных энергиях фотонов. Вероятно, могут быть найдены и другие решения обсуждаемой проблемы.

17. Дозиметрическое обеспечение

Количество клинических дозиметров, применяемых для контроля качества работы ускорителей в клиниках должно быть не меньше двух, а то и трёх. В каждой клинике следует использовать дозиметрические приборы и устройства для проведения относительных измерений пучков фотонов: водные для проверки основных характеристик полей облучения, специальные твердотельные фантомы для верификации высокотехнологичных методик облучения, дозиметры для *in vivo* измерений, детекторы различного исполнения и размеров.

Оценивая количество такого оборудования, можно получить величину в несколько сотен экземпляров. Оборудование также имеет нормативный срок службы 10 лет и должно регулярно заменяться. В то же время в России качественное дозиметрическое оборудование не выпускается. А должно.

18. Развитие протонных ускорителей и генераторов нейтронов

Поскольку применение этих ускорителей и генераторов в медицине носит в России пока экспериментальный характер, становится ясным, что их серийный выпуск в ближайшие 10–15 лет вряд ли потребуются.

19. Сколько лет нужно ждать начала выпуска серии российских ускорителей?

Ответ на этот вопрос могут дать только российские специалисты разного профиля, которые займутся реализацией разрабатываемого проекта.

Заключение

Проблема вывода в России технического обеспечения оборудования для современной лучевой терапии на передовой международный уровень является очень сложной, разноплановой и дорогостоящей. Без серьёзной государственной поддержки она не может быть решена. Но уже сейчас ею нужно начинать заниматься. Специалистов необходимого уровня в стране достаточно. Необходимо разрабатывать общий концептуальный проект её реализации, а затем и отдельные, но очень крупные задачи, в него входящие.

От автора:

Автор более 50 лет занимается техническим обеспечением лучевой терапии с помощью различных ускорителей электронов и не только линейных. Ранее он совместно с советскими, а позднее с российскими коллегами, участвовал в разработке концепции динамической лучевой терапии с изменяющимися характеристиками излучения. Такой приобретенный опыт позволяет поделиться с коллегами своими мыслями по улучшению ситуации с ВЛТ в России [4]. Автор не считает эту страну для себя чужой.

В Республике Беларусь существует такая же ситуация с техническим обеспечением ВЛТ, хотя и более скромная. В республике необходимо иметь около 40 ускорителей, а в 2022 г. их

число планируется довести только до 22 аппаратов.

Автор надеется, что высказанный им “взгляд со стороны” может оказаться полезным в случае возникновения дискуссии по рассматриваемым проблемам и приносит свои извинения за возможные допущенные ошибки в подходах и в цифрах.

Благодарю Б.Я. Наркевича за проявленный интерес к этой работе и сделанные замечания.

Список литературы

1. Костылев ВА. Медицинская атомная стратегия. Учебное пособие. Сборник научно-методических материалов. – М.: Издательство “Трабант”. 2013. 599 с. [Kostylev VA. Medical atomic strategy. School-appliance. Collection of scientific-technical materials. 2013:599, M: Trabant (in Russ)].
2. Давыдова ОА, Кислякова МВ, Костылев ВА, Назаров ИВ. Статистический анализ технического обеспечения лучевой терапии в России. Медицинская физика. 2016; 1(69): 70-7. [Davydova OA, Kislyakova MV, Kostylev VA, Nazarov IV. Statistical analysis of radiotherapy technical maintenance in Russia. Medical physics. 2016; 1(69): 70-7. (in Russ)].
3. Клинические аспекты обеспечения качества лучевой терапии. Под ред. Черниченко АВ, Филимоновой АВ. Рекомендации РОС (PAT-PO). М.: 2008. 48 с. [Clinical aspects of quality radiotherapy maintenance. Eds. Chernichenko AV, Phylimonova AV. Recommendation ROS (RATRO). M. 2008. 48 p. (n Russ)].
4. Тарутин ИГ, Титович ЕВ. Применение линейных ускорителей электронов в высокотехнологичной лучевой терапии. Минск, Беларуская навука, 2014. 175 с. [Tarutin IG, Tsitovich AV. Application of linear electron accelerators in high technology radiotherapy. Minsk, Belarus Science. 2014. 175 p. (in Russ)].
- 5, Karlsson M. Electrons, the lost particle: or are they still in charge? – For the motion! 2nd ESTRO Forum: Geneva. 2013. Electronic resource. Regime of access: <http://www.ipem.ac.uk/Portals/0/Documents/Conferences/Conference20Reports/Travel%20bursary%20meeting%20report%20-%20ESTRO%20>

- v2%20Malone%20and%20Sawoud.pdf. Date of access: 13.01.2014.
6. Mackie T.R. Electrons, the lost particle: Are they still in charge? – Against the motion!. 2nd ESTRO Forum: Geneva. 2013. Electronic resource. Regime of access: [http://www.ipem.ac.uk/Portals/0/Documents/Conferences/Conference %20Reports/Travel%20bursary%20meeting%20report%20-%20ESTRO%20v2%20Malone%20and %20Sawoud.pdf](http://www.ipem.ac.uk/Portals/0/Documents/Conferences/Conference%20Reports/Travel%20bursary%20meeting%20report%20-%20ESTRO%20v2%20Malone%20and%20Sawoud.pdf). Дата доступа: 13.01.2014.
 7. Об утверждении порядка оказания медицинской помощи онкологическим больным. Приказ Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации № 944н от 3 декабря 2009 г. [About the order assert of medical assistant to oncologic patients. The order of Ministry of Health and Social Development in Russian Federation No. 944n from 2009: 03.12. (in Russ)].
 8. МУ 2.6.1.2573 –10. Гигиенические требования к размещению и эксплуатации ускорителей электронов с энергией до 100 МэВ. Методические указания. М. 2010. [МУ 2.6.1.2573 –10. 2010. Hygienic requirements to disposal and exploitation of electron accelerators with energy 100 MeV. (in Russ)].

PERSPECTIVES OF TECHNICAL EQUIPMENT DEVELOPMENT FOR EXTERNAL RADIOTHERAPY IN RUSSIAN FEDERATION IN MY VIEW

I. Tarutin

N.N. Alexandrov National Cancer Centre of Belarus, Minsk, Belarus

This article is devoted to problems of radiotherapy technical maintenance development in Russian Federation on next 10–15 years. The next trends of development are discussed:

1. The composition of equipment included in radiotherapy complexes.
2. The situation with development of high technology radiotherapy (HTR) on Russia in 2021 year.
3. The international modes to number of HTR complexes included linear accelerators (LA).
4. The necessity in future number of LA and HTR complexes in Russia.
5. how calculate the number of LA and HTR complexes in every separate clinic.
6. Special possibilities of main Russian clinics.
7. Where to purchase HTR complexes included LA to other small clinics?
8. What types of LA is necessary to buy?
9. What types of LA is necessary produce on Russian plants?
10. What cost of project will be if it will be accept?
11. The development of service centers.
12. The staff maintenance.
13. The creation of building for disposed new technique or reconstruction of old treatment rooms.
14. The normative rules limit.
15. New types of LA.
16. Metrology maintenance.
17. Dosimetrical maintenance.
18. the development of proton accelerators and neutron generators in Russia.
19. How many years is necessary to wait of production Russian LA beginning?

The problem the creation of technical equipment maintenance in Russia for modern radiotherapy on leading international level is very complex, heterogeneous and expensive. It can't be realized without serious state support. But it is necessary to begin this realization even now. The specialists of necessary level are enough in country. It is necessary to create the general conceptual project of it realization, and after that create separate but very large problems included in it.

Key words: *radiotherapy, technical development, Russian Federation, my view from the outside*

E-mail: itarutin@tut.by