

## Современные особенности формирования уровней медицинского облучения населения Республики Татарстан при выполнении рентгенологических процедур

С.А. Рыжкин<sup>1,2</sup>, С.И. Иванов<sup>3</sup>, М.А. Патяшина<sup>4</sup>, Р.К. Исмагилов<sup>4</sup>,  
Н.А. Аكوпова<sup>3</sup>, С.В. Логинова<sup>3</sup>, Д.Р. Насыбуллин<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Казанский государственный медицинский университет, Казань, Россия

<sup>2</sup> Казанская государственная медицинская академия, Казань, Россия

<sup>3</sup> Российская медицинская академия последипломого образования, Москва, Россия

<sup>4</sup> Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Республике Татарстан, Казань, Россия

*Цель. Установление особенностей формирования и учета коллективных доз облучения пациентов и населения Республики Татарстан (РТ) от медицинского облучения и разработка мероприятий по оптимизации данного радиационного фактора.*

*Материалы и методы. Для анализа использованы формы федерального государственного статистического наблюдения № 3-ДОЗ «Сведения о дозах облучения пациентов при проведении медицинских рентгенодиагностических исследований» (формы № 3-ДОЗ) и радиационно-гигиенические паспорта территории РТ за период с 2006 по 2013 г.*

*Результаты. Ежегодно в РТ наблюдается увеличение количества выполняемых рентгенологических процедур, которое в 2013 г. достигло значения 6 279 696 (1,64 процедуры на жителя в год). За рассматриваемый период времени (с 2006 по 2013 г.) изменилась также и структура выполняемых рентгенодиагностических процедур. Отмечается относительное снижение доли флюорографических процедур в общей структуре с 41,3% до 31,3% при сохранении стабильного уровня абсолютных значений выполняемых рентгенодиагностических процедур за рассматриваемый период с 2 578 754 до 4 072 810 рентгенографий в год, то есть в 1,58 раза. Абсолютные и относительные значения, относящиеся к рентгеноскопическим исследованиям, уменьшились с 1,1% до 0,7%. Напротив, абсолютное количество выполняемых ежегодно рентгеновских компьютерно-томографических исследований (РКТ) возросло за рассматриваемый период в 3,3 раза и в общей структуре РКТ уже составляет 2,7%. Количество специальных исследований возросло в 2,1 раза, но на общем фоне увеличения рентгенодиагностической работы в регионе относительное значение сохранилось на среднемноголетнем уровне и составило 0,4%. Это не могло не повлиять на изменение радиационно-гигиенических показателей медицинского облучения населения РТ. Согласно формам № 3-ДОЗ и радиационно-гигиеническим паспортам территорий, за период с 2006 по 2012 г. отмечался рост уровней годовых коллективных эффективных доз медицинского облучения пациентов и населения. Значительно изменилась структура медицинского облучения. Если в 2006 г. доминирующее значение в формировании годовой коллективной эффективной дозы представляли флюорографические процедуры (609,17 чел.-Зв; 34,03% в общей структуре коллективной дозы медицинского облучения), то в 2013 г. первостепенное значение стала занимать РКТ (748,18 чел.-Зв; 50,04%). В статье рассматриваются особенности формирования и учета доз облучения пациентов при выполнении различных видов рентгенологических процедур.*

*Заключение. Широкое использование цифровых технологий получения и обработки рентгенологических изображений, налаженный инструментальный контроль и учет доз облучения пациентов, рутинный контроль эксплуатационных параметров используемого оборудования для флюорографических, рентгенографических и рентгеноскопических процедур позволили объективизировать и снизить соответствующие показатели коллективных эффективных доз облучения пациентов и населения. Существует резерв организационных, технических мероприятий по дальнейшему снижению доз облучения пациентов при выполнении рутинных рентгенографических процедур, а именно: стандартизация выполняемых исследований, дальнейший переход на цифровые технологии получения изображения. Существенное влияние на статистическую отчетность продолжает оказывать использование расчетных методов учета доз облучения пациентов при выполнении РКТ и специальных исследований. Учитывая то, что РКТ в последние годы обеспечивает наибольший вклад в годовую коллективную эффективную дозу облучения региона (более 50%, первое место в структуре медицинского облучения), а специальные исследования, обладающие высокой клинической эффективностью, также сопровождаются значительной лучевой нагрузкой, необходимы меры по объективизации доз облучения при данных видах исследований в целях разработки научно обоснованных мероприятий по снижению неблагоприятного воздействия на облучаемые категории населения.*

*Ключевые слова: медицинское облучение, эффективная доза, коллективная эффективная доза облучения, средняя индивидуальная доза облучения, рентгенодиагностические аппараты.*

**Цель исследования** – использование ионизирующего излучения в медицинской практике продолжает оставаться одним из ведущих источников облучения населения, прежде всего за счет современных методов лучевой диагностики, что требует внимания и разработки мер организационного, технического, профилактического характера в целях уменьшения неблагоприятного действия радиационного фактора на население. Целью исследования является установление особенностей формирования коллективных доз облучения пациентов и населения Республики Татарстан (РТ) от медицинского облучения и разработка мероприятий по оптимизации данного радиационного фактора.

### Задачи исследования

1. Определение степени влияния различных видов рентгенологических процедур на формирование коллективной дозы медицинского облучения пациентов и населения.
2. Разработка мероприятий по снижению уровней медицинского облучения.

### Материалы и методы

В соответствии с Федеральным законом «О радиационной безопасности населения» [1] в целях оценки вредного воздействия радиационного фактора на население, планирования и проведения мероприятий по обеспечению радиационной безопасности, анализа эффективности этих мероприятий на территории Российской Федерации, начиная с 1998 г., введена радиационно-гигиеническая паспортизация организаций и территорий, являющаяся государственной системой оценки влияния основных источников ионизирующего излучения (техногенных и естественных), которая направлена на обеспечение радиационной безопасности населения. Именно в силу этих причин в качестве первичного материала для анализа мы использовали радиационно-гигиенические паспорта территории Республики Татарстан за период с 2006 по 2013 г.

Согласно приказам Минздрава России от 01.11.2002 г. № 333 и от 21.06.2003 г. № 268, в Татарстане функционируют федеральные банки данных (ФБД) по индивидуальным дозам облучения граждан, создаваемым медицинским облучением на уровне всех объектов и региона в целом. В РТ по решению органов исполнительной власти банк доз облучения населения создан на базе АНО «ГНВЦ «Протон». В связи с этим для анализа нами использованы формы федерального государственного статистического наблюдения №3-ДОЗ «Сведения о дозах облучения пациентов при проведении медицинских рентгенорадиологических исследований» (формы №3-ДОЗ) за период с 2006 по 2013 г.

### Результаты и обсуждение

Ежегодно в РТ наблюдается увеличение количества выполняемых рентгенологических процедур, которое в 2013 г. достигло значения 6 279 696 (1,64 процедуры на жителя в год). В связи с техническим перевооружением, модернизацией службы лучевой диагностики, начиная с 2006 г., отмечается постепенное увеличение числа медицинских организаций, использующих источники ионизирующего излучения, с 258 до 424 в 2013 г. За рассматриваемый период времени (с 2006 по 2013 г.) изменилась также и структура выполняемых рентгенодиагностических процедур (табл.). Отмечается относительное снижение доли флюорографических процедур в общей структуре с 41,3% до 31,3% при многолетнем сохранении стабильного уровня абсолютных значений количества выполняемых ежегодно флюорограмм. Вместе с тем, наблюдается увеличение абсолютного количества выполняемых рентгенографических процедур за рассматриваемый период с 2 578 754 до 4 072 810 рентгенографий в год, то есть в 1,58 раза, что находит свое отражение в увеличении вклада рентгенодиагностики в общую структуру с 56,2% до 64,9%. Наблюдается снижение как абсолютных, так и относительных значений, относящихся к рентгеноскопическим исследованиям с 1,1% до 0,7%.

Таблица

**Изменение количества и структуры выполняемых рентгенодиагностических процедур в Республике Татарстан**

Вид рентгенологических процедур	Динамика количества выполняемых рентгенологических процедур и изменение вклада различных видов процедур в общую структуру рентгенодиагностической работы в РТ			
	2006 г.		2013 г.	
	Количество процедур	%% в общей структуре	Количество процедур	%% в общей структуре
Флюорография	1 896 380	41,3	1 963 218	31,3
Рентгенография	2 578 754	56,2	4 072 810	64,9
Рентгеноскопия	52 744	1,1	47 534	0,7
Компьютерная томография	51 701	1,1	170 994	2,7
Специальные исследования	12 279	0,3	25 140	0,4
Итого	4 591 858	100	6 279 696	100

Напротив, абсолютное количество выполняемых ежегодно рентгеновских компьютерно-томографических исследований (РКТ) возросло за рассматриваемый период в 3,3 раза и в общей структуре РКТ уже составляет 2,7%. Количество специальных исследований возросло в 2,1 раза, но на общем фоне увеличения рентгенодиагностической работы в регионе относительное значение сохранилось на среднемноголетнем уровне и составило 0,4%. Это не могло не повлиять на изменение радиационно-гигиенических показателей медицинского облучения населения РТ. Согласно формам № 3-ДОЗ и радиационно-гигиеническим паспортам территорий, за период с 2006 по 2012 г. отмечался рост уровней годовых коллективных эффективных доз медицинского облучения пациентов и населения. Лишь в 2013 г. в статистической отчетности отражено снижение данной величины (рис. 1), что связано с особенностями учета доз в 2013 г., а именно – со снижением рекомендованных для использования средних значений индивидуальных эффективных доз взрослых пациентов для ряда рентгенодиагностических процедур при заполнении раздела расчетных доз в Форме № 3-ДОЗ за 2013 г.

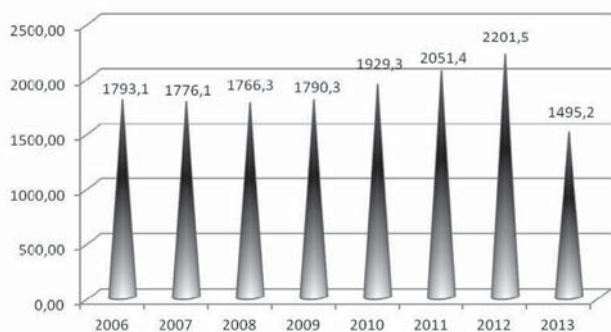


Рис. 1. Годовые коллективные эффективные дозы медицинского облучения населения Республики Татарстан за период с 2006 по 2013 г., чел.-Зв

Значительно изменилась структура медицинского облучения (рис. 2, 3). Если в 2006 г. доминирующее значение в формировании годовой коллективной эффективной дозы представляли флюорографические исследования (609,17 чел.-Зв; 34,03% в общей структуре коллективной дозы медицинского облучения), то в 2013 г. первостепенное значение стала занимать рентгеновская компьютерная томография (748,18 чел.-Зв; 50,04%).

Рентгенография по-прежнему занимает второе место в общей структуре медицинского облучения (30,29%, 542,18 чел.-Зв в 2006 г. и 28,98%, 433,3 чел.-Зв в 2013 г.). В формировании годовой коллективной эффективной дозы изменилась роль специальных исследований с 8,94% в 2006 г. (159,97 чел.-Зв) до 5,12% в 2013 г. (76,59 чел.-Зв). Вклад в коллективную дозу вследствие выполнения рентгеноскопических процедур снизился с 8,71% (155,81 чел.-Зв) до 3,58% (53,58 чел.-Зв).

Рассмотрим особенности формирования и учета доз облучения пациентов при выполнении различных видов рентгенологических процедур.



Рис. 2. Структура годовых коллективных эффективных доз облучения населения Республики Татарстан от всех источников медицинского рентгеновского облучения в 2006 г., чел.-Зв.



Рис. 3. Структура годовых коллективных эффективных доз облучения населения Республики Татарстан от всех источников медицинского рентгеновского облучения в 2013 г., чел.-Зв.

#### Флюорографические процедуры

С 2003 г. в медицинских организациях РТ началось переоснащение цифровыми рентгенодиагностическими аппаратами (РДА) для диагностики заболеваний органов грудной клетки (ОГК). Наиболее активно замена пленочной технологии на цифровую осуществлялась, начиная с 2006 г., с началом реализации Национального проекта «Здоровье». На сегодняшний день обе технологии получения изображения ОГК используются для проведения массовых профилактических исследований населения. Из 424 медицинских организаций, использующих в своей деятельности приборы и аппараты для рентгенологии, 99 оснащены РДА для флюорографии ОГК. При этом 67 учреждений используют только цифровую технологию получения и обработки рентгеновского изображения, 16 учреждений используют как цифровую, так и пленочную технологии, 13 медицинских организаций – только пленочную технологию.

В целом, количество выполняемых пленочных флюорограмм на сегодняшний день уменьшилось в 4,5 раза по сравнению с 2006 г., в общем количестве выполняемых рентгенологических процедур доля пленочной флюорографии сегодня составляет 4,33%, лишь каждая седьмая флюорограмма в РТ в 2013 г. была выполнена на пленке (рис. 4).

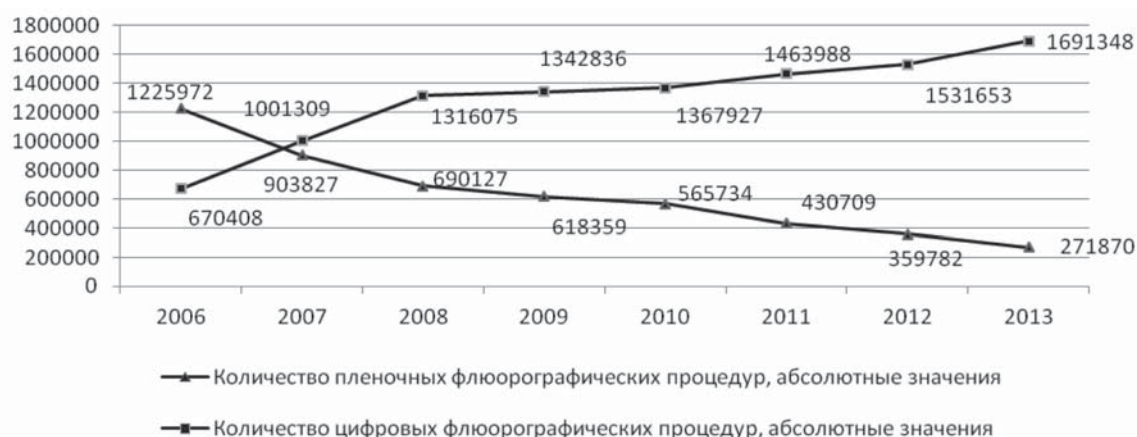


Рис. 4. Динамика количества выполняемых пленочных и цифровых флюорограмм за период с 2006 по 2013 г., абсолютные числа

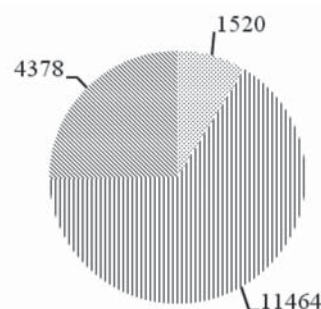
Вместе с тем, в тех медицинских организациях, где продолжается использование исключительно пленочной технологии получения флюорограмм ОГК, вклад данного вида рентгенологических процедур в коллективную дозу облучения остается максимальным. Так, в Красноборской участковой больнице Агрызской ЦРБ весь объем профилактических флюорографических исследований (1859 процедур) выполнен на пленочном флюорографе. Годовая коллективная эффективная доза облучения обследованного населения составила при этом 0,93 чел.-Зв, что соответствовало 75,3% от всей коллективной дозы за счёт всех процедур, выполненных в 2012 г. в Красноборской участковой больнице. В Альметьевском районе в Альметьевской ЦРБ выполняются все основные виды рентгенологических исследований, включая РКТ-исследования, в том числе и профилактическая флюорография ОГК с использованием пленочного аппарата. В 2012 г. выполнена 24 471 пленочная флюорограмма (36,9% от общего количества процедур), что обусловило 6,14 чел.-Зв коллективной эффективной дозы медицинского облучения (37,6 % в общей структуре коллективной дозы по ЦРБ за 2012 г.).

Средние индивидуальные дозы при выполнении флюорографических процедур на пленочных флюорографических аппаратах с измерением доз в различных лечебно-профилактических учреждениях находились в пределах от 0,12 мЗв до 0,85 мЗв за процедуру.

На смену пленочной технологии получения изображения пришли цифровые технологии. Количество ежегодно выполняемых цифровых флюорограмм, начиная с 2006 г., возросло с 670 408 до 1 691 348, то есть в 2,52 раза. В 2013 г. 86,2% всех флюорографических процедур выполнены на цифровых РДА (см. рис. 4), при этом доля цифровых флюорограмм в общем количестве рентгенологических процедур составила 31,3%. Широкое внедрение цифровых технологий позволило значительно снизить уровни медицинского облучения населения районов РТ при выполнении флюорографии ОГК. Эффективность цифровых РДА с точки зрения снижения годовых коллективных эффективных доз отчетливо прослеживается на примере районов, где одновременно используются пленочная и цифровая технологии выполнения флюорографических процедур. Так, в Дрожжановском районе

РТ (Дрожжановская ЦРБ) в 2012 г. выполнено 1520 пленочных флюорограмм, при этом населением получена коллективная доза 0,76 чел.-Зв. За указанный период в этом же районе выполнены также 11 463 цифровые флюорограммы (объем, превышающий количество пленочных снимков в 7,54 раза), которые обусловили годовую эффективную дозу 0,596 чел.-Зв, то есть в 1,28 раз меньшую, чем при выполнении значительно меньшего количества пленочных флюорограмм (рис. 5, 6).

Инструментальный контроль и учет доз облучения обследуемых лиц увеличился с 8,3% выполненных в 2006 г. цифровых флюорографий до 42% – в 2013 г. Цифровые аппараты на основе твердотельной матрицы детекторов оснащены измерителями доз, внесенными в Госреестр средств измерений. Средние индивидуальные дозы при выполнении флюорографических процедур на цифровых флюорографических аппаратах с измерением доз в различных медицинских организациях находились в пределах от 0,002 мЗв до 0,19 мЗв за процедуру, что существенно ниже аналогичных показателей для пленочных аппаратов.



- Пленочная профилактическая флюорография ОГК с измерением доз облучения обследуемых лиц
- ▨ Цифровая профилактическая флюорография ОГК с измерением доз облучения обследуемых лиц
- Другие виды рентгенологических процедур

Рис. 5. Количество выполненных профилактических пленочных и цифровых флюорограмм ОГК в общем объеме рентгенодиагностической работы в Дрожжановской ЦРБ в 2012 г., абсолютные числа

Рентгенографические процедуры



**Рис. 6.** Коллективные эффективные дозы вследствие профилактических пленочной и цифровой флюорографии ОГК в общем значении коллективной эффективной дозы по Дрожжановской ЦРБ в 2012 г., чел.-Зв

Расчет доз облучения при выполнении цифровых флюорограмм выполнялся лишь на аппаратах сканирующего типа, конструктивные особенности которых не позволяют использовать такие клинические дозиметры, как ДРК-1 и ДРК-1М.

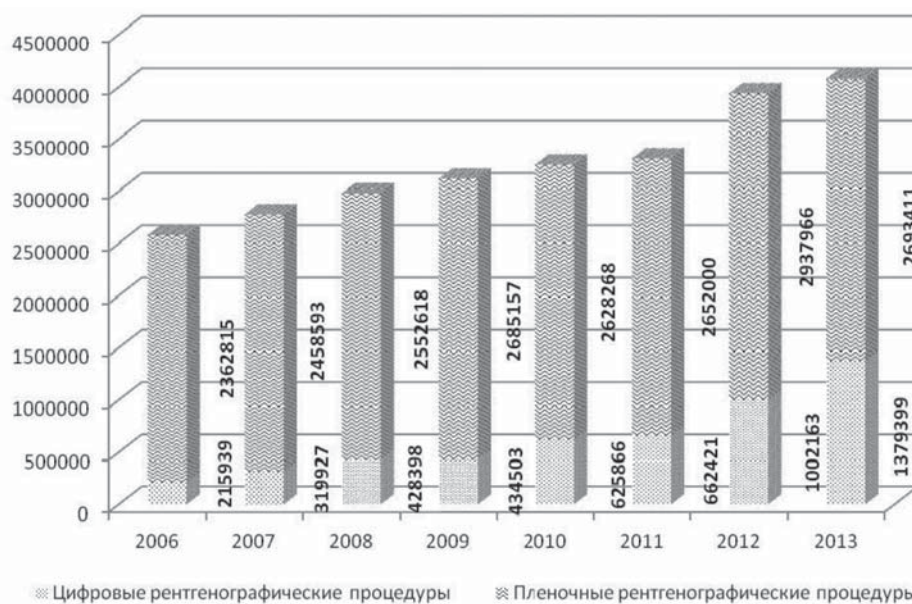
В целом, массовое переоснащение парка флюорографической техники на малодозовые цифровые аппараты и инструментальный учет доз облучения привели к значительному снижению и объективизации учитываемых значений коллективных эффективных доз при проведении флюорографии и средних индивидуальных доз облучения, что нашло свое отражение в статистических формах № 3-ДОЗ.

Рентгенография также является важным видом рентгенологических процедур. Без рентгенографии невозможно диагностировать патологию опорно-двигательного аппарата, челюстно-лицевой области, зубов, зачастую невозможно диагностировать патологию органов дыхания, в меньшей степени – патологию других органов и систем. За период с 2006 по 2013 г. отмечается устойчивый рост выполнения рентгенографий с 2 578 754 процедур до 4 072 810 процедур в 2013 г. (1,1 процедура на 1 взрослого жителя Татарстана в год). Из рисунка 7 видно, что увеличение количества процедур происходит вследствие более чем шестикратного (в 6,39 раза) увеличения ежегодно выполненных цифровых рентгенографических процедур.

Увеличение количества пленочных рентгенографий также происходит, но в значительно меньшей степени (в 1,14 раза).

Цифровые технологии получения и обработки рентгеновского изображения на сегодня используются в 229 медицинских организациях, из них в 25 проводятся рентгенографические процедуры всех возможных локализаций, а в 204 – только челюстно-лицевой области (ЧЛО) и зубов.

Из 1 379 399 цифровых рентгенограмм, выполненных в 2013 г., на долю снимков ЧЛО и зубов пришлось 621 432 (45,1%). Лишь в 19 медицинских организациях осуществлялись инструментальный учет и контроль индивидуальных доз облучения пациентов при выполнении цифровых рентгенографических исследований. Средние индивидуальные дозы, например, при цифровой рентгенографии ОГК с измерением находились в пределах от 0,01 до 0,09 мЗв за процедуру, поясничного отдела позвоночника – от 0,08 мЗв до 0,2 мЗв за процедуру, что выгодно отличает цифровые снимки от пленочных. Учет доз облучения пациентов при выполнении рентгенографических процедур черепа, челюстно-лицевой области и зубов выполнялся в подавляющем большинстве случаев с расчетом доз путем внесения в отчетные формы значений, равных 0,04 мЗв и 0,003 мЗв за процедуру соответственно.



**Рис. 7.** Динамика количества рентгенографических процедур за период с 2006 по 2013 г., абсолютные числа

Пленочные рентгенограммы выполняются во всех медицинских организациях РТ, использующих в деятельности рентгенодиагностическое оборудование. При этом в подавляющем большинстве случаев учет доз облучения пациентов осуществляется на основании инструментальных измерений. Средние индивидуальные дозы при пленочной рентгенографии ОГК с измерением находились в пределах от 0,015 до 0,6 мЗв, поясничного отдела позвоночника – от 0,15 до 2,01 мЗв. Лишь в 20 медицинских организациях учет доз облучения продолжает осуществляться путем расчета доз облучения.

Несмотря на увеличение количества ежегодно выполняемых рентгенографических процедур (см. табл.), показатели коллективных эффективных доз вследствие облучения при рентгенографии, по данным форм № 3-ДОЗ по Республике Татарстан, имеют отчетливую тенденцию к снижению (см. рис. 2, 3). На степень безопасности и улучшение ситуации в статистических отчетах влияют налаженный инструментальный контроль и учет доз облучения, начатый в 2003 г. контроль эксплуатационных параметров рентгенаппаратов, внедрение цифровых рентгенологических технологий и организация сервисного технического обслуживания эксплуатируемого оборудования. Отчасти на улучшение статистических показателей влияет усреднение доз за счет учета значительного количества цифровых снимков зубов без инструментального измерения с внесением в отчетные документы фиксированного значения 0,003 мЗв.

#### Рентгеновская компьютерная томография

Количество медицинских организаций, оснащенных рентгеновскими компьютерными томографами, возросло с 14 в 2006 г. до 25 в 2013 г. Если ранее рентгеновскими компьютерными томографами были оснащены только крупные медицинские организации республиканского подчинения и ряд городских больниц в городе Казани, Набережных Челнах, Альметьевске и Нижнекамске, то за указанный период были дополнительно оснащены данным оборудованием 9 центральных районных больниц, а также частные медицинские центры в г. Казани и Набережные Челны.

Абсолютное количество ежегодно выполняемых рентгеновских компьютерно-томографических исследований возросло с 51 701 процедуры в 2006 г. до 170 994 процедуры в 2013 г. При этом отмечается рост количества процедур по всем зонам исследований (голова, позвоночник, опорно-двигательная система, органы пищеварения, органы дыхания) (рис. 8).

Соответственно, увеличиваются уровни коллективных доз облучения населения при выполнении РКТ-исследований и возрастает роль РКТ в формировании годовой дозы от всех источников медицинского облучения, используемых в рентгенодиагностике (см. рис. 2, 3).

Вместе с тем, необходимо отметить, что учет индивидуальных доз облучения пациентов при выполнении РКТ-процедур на основании инструментальных измерений осуществляется лишь в 4 медицинских организациях. В подавляющем большинстве случаев (21 медицинская организация) контроль и учет доз облучения пациентов осуществлялись расчетным методом. На наш взгляд, в данном случае существуют резервы для объективизации доз облучения пациентов, что требует отдельного рассмотрения.

#### Рентгеноскопия

Снижение абсолютных значений рентгеноскопических исследований при налаженной системе инструментального контроля и учета доз облучения приводит к снижению коллективных эффективных доз облучения пациентов. Так, уровни коллективных доз с 2006 по 2013 г. снизились в 2,9 раза с 155,81 до 53,58 чел.-Зв. Рентгеноскопические исследования в 2013 г. выполнялись лишь в 31 медицинской организации из 424, использующих рентгенодиагностическую аппаратуру. При исследовании верхней части желудочно-кишечного тракта средние индивидуальные дозы находились в пределах от 0,18 мЗв до 8,03 мЗв за исследование. Средние индивидуальные дозы при исследовании нижней части желудочно-кишечного тракта находились в пределах от 0,16 мЗв до 8,21 мЗв. Рентгеноскопия органов грудной клетки выполнялась лишь в 9 медицинских организациях, средние индивидуальные дозы за исследование при этом находились в пределах от 0,1 до 3,75 мЗв.

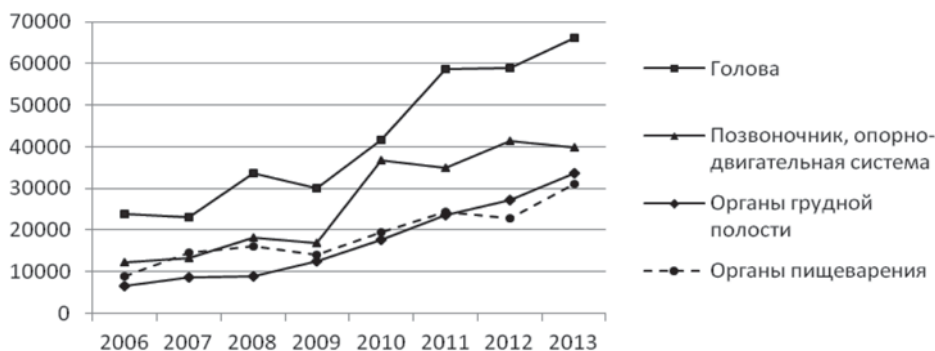


Рис. 8. Динамика количества РКТ-процедур по зонам исследований, выполненных в РТ за период с 2006 по 2013 г., абсолютные числа

*Специальные исследования*

К специальным исследованиям относятся рентгенологические исследования, характеризующиеся сложностью проведения, введением в организм рентгеноконтрастных веществ, выполнением хирургических вмешательств под контролем рентгеновского излучения. Такие процедуры выполняются в РТ в 8 многопрофильных медицинских организациях. С каждым годом происходит рост количества реканализаций, дилатаций, эмболизаций, шунтирования сосудов, ангиопластики, отмечается рост коронарографий, бронхографий, рентгено-эндоскопических и других видов исследований под контролем рентгеновского излучения. Если в 2006 г. выполнено 12 279 специальных исследований, то в 2013 г. – уже 25 140. При этом для учета и контроля доз облучения пациентов в подавляющем большинстве случаев на протяжении этих лет используется расчетный метод. Данные таблицы 1000 формы № 3-ДОЗ по РТ в части, касающейся специальных исследований за 2006 г., формировались с учетом требований Методических рекомендаций «Заполнение форм федерального статистического наблюдения № 3-ДОЗ», утвержденных Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека 16.02.2007 г. № 0100/1659-07-26. Согласно данным Методическим рекомендациям, для расчета годовых коллективных доз облучения пациентов за 2006 г. при специальных исследованиях учитывались средние индивидуальные дозы пациентов для ангиографии, равные 10 мЗв, и для интервенционных исследований, равные 20 мЗв. В 2013 г. для расчета годовых коллективных доз облучения пациентов при специальных исследованиях использовались «Рекомендованные для использования средние значения индивидуальных эффективных доз взрослых пациентов для различных рентгенодиагностических процедур при заполнении раздела расчетных доз в Форме 3-ДОЗ за 2013 г.». Рекомендованные оцененные значения средних индивидуальных доз пациентов при выполнении специальных исследований по всем локализациям (органы грудной клетки – 3 мЗв/процедуру; органы брюшной полости – 5 мЗв/процедуру; почки, мочевыводящая система – 2,3 мЗв/процедуру и т.д.) в 2013 г. значительно меньше, чем рекомендованные значения в 2006 г. Этим объясняется парадоксальная, на первый взгляд, ситуация с отражением данных о годовых коллективных дозах облучения пациентов в официальной отчетности, когда при увеличении числа исследований в 2 раза за период с 2006 по 2013 г. (см. табл.) коллективная доза уменьшилась в 2 раза (см. рис. 2, 3).

На наш взгляд, в данном случае существует настоятельная необходимость в объективизации доз облучения пациентов, что требует отдельного рассмотрения.

Специальные исследования выполняются по жизненным показаниям, в большинстве случаев данные методики служат для спасения жизни пациентов в острых, urgentных клинических ситуациях. При их выполнении должен в полной мере выполняться принцип обоснования выполнения данных процедур, когда риск отказа от рентгенологического исследования заведомо превышает риск от облучения при его проведении, должна быть исключена даже малейшая вероятность появления детерминированных эффектов облучения. При выполнении

таких исследований с целью обеспечения радиационной безопасности на первый план выходит необходимость совершенствования приемов и режимов, совершенствования техники выполнения процедур медицинским персоналом, при этом чрезвычайно важно выполнение всех мероприятий по защите от ионизирующего излучения как пациента, так и персонала.

Ситуация с увеличением количества выполняемых медицинских рентгенологических процедур является общей для населения большинства субъектов Российской Федерации и всех развитых стран [2–6]. Вместе с тем, использование табличных данных для учета доз облучения при выполнении РКТ- и специальных исследований значительно влияет на общую статистическую ситуацию с медицинским облучением в регионе, что мешает объективной оценке данного фактора.

Отличительной особенностью России является применение массовой профилактической флюорографии органов грудной клетки с целью выявления такого социально значимого заболевания, как туберкулез органов грудной полости, что продиктовано эпидемиологической ситуацией по данному заболеванию. Однако массовое переоснащение парка флюорографической техники на малодозовые цифровые аппараты и инструментальный учет доз облучения привели к значительному снижению как коллективных доз облучения при проведении флюорографии, так и средних индивидуальных доз, что положительно сказывается на уменьшении влияния количества выполняемых ежегодно флюорографических исследований на их вклад в годовую коллективную эффективную дозу облучения населения (см. табл., рис. 2, 3) [7]. К мероприятиям по оптимизации и снижению лучевых нагрузок на население от данного вида процедур, на наш взгляд, следует отнести завершение процесса полного переоснащения пленочной технологии на цифровую и возможные пути объективизации доз, максимальное использование программных средств по исключению дублирования исследований, анализу, передаче и использованию диагностических изображений на расстоянии [8].

Другим важным разделом работы является снижение доз облучения пациентов и населения при рутинной рентгенодиагностической работе. Полученные нами данные о значительном разбросе значений эффективных доз за процедуру (рентгенография ОГК, ПОП) согласуются с данными [9] и указывают на отсутствие стандартизации условий проведения этих процедур, существенные различия в аппаратном оснащении рентгеновских кабинетов и квалификации персонала. Наряду с внедрением в практику референтных диагностических уровней [10–12], существенным резервом в снижении доз облучения может стать более широкое использование цифровых технологий получения и обработки диагностических изображений при рутинной рентгенографии, что подтверждает опыт использования таких технологий в условиях медицинских организаций Татарстана, использующих данный вид оборудования.

Полученные нами данные о доминирующем значении РКТ в формировании годовой коллективной эффективной дозы медицинского облучения населения согласуются с общемировой тенденцией стремительного роста использования компьютерной томографии в медицинской практике [13–15]. Вместе с тем, как показано в [9], анализ расчетных данных о дозах при РКТ-процедурах может

привести к завышенной либо заниженной (в 17% случаев) оценке уровней облучения пациентов. В связи с этим существует резерв для объективизации доз облучения пациентов при РКТ и разработки на основании полученных данных организационных, технических, образовательных мероприятий по оптимизации данного раздела медицинского облучения населения. При этом необходимо учитывать опыт исследований в данной области [9, 16, 17].

Особого внимания, на наш взгляд, заслуживает организация мер радиационной безопасности в области инвазивных процедур, осуществляемых под контролем лучевых методов визуализации. Данные методы диагностики и лечения показали свою высокую эффективность [18, 19], однако на сегодняшний день в большинстве случаев отсутствуют объективные данные о степени радиационной безопасности пациентов при выполнении данных процедур. В основном, для учета в статистических формах № 3-ДОЗ используются расчетные значения, хотя, по данным [2, 9], реальные значения превышают рекомендованные для заполнения статистических форм.

### Выводы

1. Широкое использование цифровых технологий получения и обработки рентгенологических изображений, налаженный инструментальный контроль и учет доз облучения пациентов, рутинный контроль эксплуатационных параметров используемого оборудования для флюорографических, рентгенографических и рентгеноскопических процедур позволили объективизировать оценки индивидуальных доз и снизить соответствующие показатели коллективных эффективных доз облучения пациентов и населения.

2. Существует резерв организационных, технических мероприятий по дальнейшему снижению доз облучения пациентов при выполнении рутинных рентгенографических процедур, а именно: стандартизация протокола выполняемых исследований, дальнейший переход на цифровые технологии получения изображения.

3. Существенное влияние на статистическую отчетность продолжает оказывать использование расчетных методов учета доз облучения пациентов при выполнении рентгеновских компьютерно-томографических и специальных исследований.

4. Необходимы меры по объективизации доз облучения при РКТ и специальных исследованиях в целях разработки научно обоснованных мероприятий по снижению неблагоприятного воздействия на облучаемые категории населения.

*Авторы благодарны генеральному директору АНО «ГНВЦ «Протон»» Л.Д. Зариповой и сотрудникам за помощь в подготовке данных, использованных в работе.*

*Публикация подготовлена в рамках поддержанного РГНФ и Правительством Республики Татарстан научного проекта №14-16-16002.*

### Литература

1. Собрание законодательства Российской Федерации. – 1996. – № 3. – Ст. 141.
2. Мозерова, Е.Я. Новые источники малых доз радиации: результаты развития диагностической и терапевтической радиологии / Е.Я. Мозерова // Радиационная гигиена. – 2012. – Т. 5, № 2. – С. 71–74.

3. Mettler, F.A. Jr. Radiologic and nuclear medicine studies in the United States and worldwide: frequency, radiation dose, and comparison with other radiation sources – 1950–2007 / F.A. Mettler Jr. [et al.] // Radiology. – 2009. – V. 253, № 2. – P. 520–531.
4. Samara, E.T. Exposure of the Swiss population by medical x-rays: 2008 review / E.T. Samara [et al.] // Health Phys. – 2012. – V. 102, №3. – P. 263–270.
5. Scanff, P. Population exposure to ionizing radiation from medical examinations in France / P. Scanff [et al.] // Br J Radiology. – 2008. – V. 81, № 963. – P. 204–213.
6. Горский, А.А. Радиационная безопасность населения при проведении медицинских рентгенорадиологических процедур / А.А. Горский [и др.] // Здоровоохранение. – 2009. – № 12. – С. 45–49.
7. Рыжкин, С.А. Изменение структуры годовой коллективной эффективной дозы медицинского облучения населения Республики Татарстан за период с 1998 по 2010 годы / С.А. Рыжкин [и др.] // Казанский медицинский журнал. – 2012. – № 5. – С. 811–816.
8. Зарипов, Р.А. Программная среда с графическим интерфейсом для анализа и автоматизированного формализованного протоколирования цифровых флюорограмм органов грудной клетки / Р.А. Зарипов [и др.] // Материалы Всероссийского научного форума «Радиология 2005». – М., 2005. – С. 136–137.
9. Голиков, В.Ю. Уровни облучения пациентов при проведении рентгенологических исследований в Санкт-Петербурге и Ленинградской области / В.Ю. Голиков [и др.] // Радиационная гигиена. – 2011. – Т. 4, №1. – С. 5–13.
10. Вишнякова, Н.М. Оптимизация радиационной защиты пациентов при медицинском диагностическом облучении : автореф. дисс. ... доктора мед. наук / Н.М. Вишнякова. – СПб., 2010. – 44 с.
11. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ – 99/2010): Санитарные правила и нормативы. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2010. – 83 с.
12. Guidance on Diagnostic Reference Levels (DRLs) for Medical Exposures. Radiation Protection 109. Directorate-General, Environment, Nuclear Safety and Civil Protection. – European Commission, 1999.
13. Официальный сайт Международной комиссии по радиационной защите (МКРЗ) The Official Site of International Commission on Radiological Protection (ICRP) <http://www.icrp.org/docs/P105Russian.pdf> (дата обращения: 29.08.2014 г.).
14. ICRP, 2007 c. Managing patient dose in multi-detector computed tomography. ICRP Publication 102. Ann. ICRP 37(1).
15. ICRP, 2000d. Managing patient dose in computed tomography. ICRP Publication 87. Ann. ICRP 30(4).
16. Блинов, Н.Н. Сравнительный анализ дозовых нагрузок на пациентов при проведении кардиоваскулярных исследований с использованием компьютерных томографов и ангиографических комплексов / Н.Н. Блинов [и др.] // Радиология-практика. – 2009. – № 3. – С. 30–40.
17. Хоружик, С.А. Дозовые нагрузки при компьютерно-томографических исследованиях / С.А. Хоружик [и др.] // Известия национальной академии наук Беларуси. Серия медицинских наук. – 2009. – №1. – С. 14–22.
18. Бокерия, Л.А. Острый коронарный синдром: основные вопросы стратегии и тактики в клинической практике / Л.А. Бокерия [и др.]. – М.: НЦССХ им. А. Н. Бакулева РАМН, 2012. – 239 с.
19. Акберов, Р.Ф. Прогрессирующий мультифокальный атеросклероз: этиология, клиничко-лучевая диагностика, современные аспекты лечения / Р.Ф. Акберов [и др.]. – Казань: «Идел-Пресс», 2008. – 214 с.



Поступила: 20.01.2015 г.

*Рыжкин Сергей Александрович* (Ryzhkin Sergej Aleksandrovich) – кандидат медицинских наук, доцент, доцент кафедры общей гигиены с курсом радиационной гигиены Казанского государственного медицинского университета, доцент кафедры лучевой диагностики Казанской государственной медицинской академии. Адрес: 420012, Казань, ул. Бултерова, д. 49. Телефон: 8(843)236-06-13. E-mail: rsa777@inbox.ru.

*Иванов Сергей Иванович* (Ivanov Sergej Ivanovich) – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой радиационной гигиены Российской медицинской академии последиplomного образования. Адрес: 123993, Москва, ул. Баррикадная, д. 2/1, строение 1. Телефон: 8(495)945-85-84. E-mail:ivanov\_si925@mail.ru.

*Патяшина Марина Александровна* (Patjashina Marina Aleksandrovna) – кандидат медицинских наук, руководитель Управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Республике Татарстан. Адрес: 420111, Казань, ул. Б. Красная, д. 30. Телефон: 8(843)238-98-54. E-mail:org@16.rospotrebnadzor.ru.

*Исмагилов Рустям Кытдусович* (Ismagilov Rustjam Kytdusovich) – заместитель начальника отдела надзора по гигиене труда, радиационной гигиене и на транспорте Управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Республике Татарстан. Адрес: 420111, Казань, ул. Б. Красная, д. 30. Телефон: 8(843)273-17-04. E-mail: ismagilov.rk@tatar.ru.

*Акопова Наталья Александровна* (Akopova Natal'ja Aleksandrovna) – кандидат медицинских наук, доцент, доцент кафедры радиационной гигиены Российской медицинской академии последиplomного образования. Адрес: 125284, Москва, Второй Боткинский проезд, д. 7. Телефон: 8(495)945-85-84. E-mail: akopovan@yandex.ru.

*Логина Светлана Вадимовна* (Loginova Svetlana Vadimovna) – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры радиационной Российской медицинской академии последиplomного образования Министерства здравоохранения Российской Федерации. Адрес: 125284, Москва, Второй Боткинский проезд, д. 7. Телефон: 8(495)945-85-84. E-mail: lsv\_lsv@inbox.ru

*Насыбуллин Дамир Ревкатович* (Nasybullin Damir Revkatovich) – инженер-программист отдела лицензирования, аккредитации и отчетности Казанского государственного медицинского университета. Адрес: 420012, Казань, ул. Бултерова, д. 49. Телефон: 8(843)236-06-13. E-mail: damir\_1@mail.ru

**S.A. Ryzhkin<sup>1,2</sup>, S.I. Ivanov<sup>3</sup>, M.A. Patjashina<sup>4</sup>, R.K. Ismagilov<sup>4</sup>, N.A. Akopova<sup>3</sup>, S.V. Loginova<sup>3</sup>, D.R. Nasybullin<sup>1</sup>**

**Modern peculiarities of the medical exposure levels forming of the Tatarstan Republic population during X-ray procedures implementation**

<sup>1</sup> Kazan State Medical University, Kazan, Russia,

<sup>2</sup> Kazan State Medical Academy, Kazan, Russia,

<sup>3</sup> Russian Medical Academy of Post-Graduate Education, Moscow, Russia,

<sup>4</sup> Administration of Federal Service for Surveillance on Consumer Rights protection and Human Well-being in the Tatarstan Republic, Kazan, Russia

**Abstract**

The purpose. *The purpose of the investigation is an assessment of the peculiarities of forming and registration of the collective doses of patients and the population of the Tatarsatan Republic (RT) from medical exposure and the development of measures for optimization of this radiation factor.*

Materials and methods. *The analysis is based on the forms of the Federal statistical observation № 3-DOZ «Data on the exposure doses to patients obtained during medical radiological examination» (form № 3-DOZ) and radiation-hygienic passports of RT for the period from 2006 to 2013.*

The results. *Annually in RT there is an increase of the number of performed X-ray procedures, which reached the value of 6279696 (1.64 procedures per resident per year) in 2013. During the reporting period (from 2006 to 2013) the structure of the performed X-ray procedures has also changed. It is observed that the percentage of fluorography procedures in the overall structure decreased from 41.3% to 31.3% at the same time the level of absolute value of annually performed fluorography procedures is stable. There is an increase in the absolute number of radiographic procedures performed during the period from 2578754 to 4072810 X-rays per year, that is 1.58 times higher. Absolute and relative values related to X-ray fluoroscopy examinations decreased from 1.1% to 0.7%. In contrast, the absolute number of annually performed X-ray computed tomography examinations (CT) has increased over the period by 3.3 times and percentage of CT in overall structure of X-ray procedure is 2.7%. The number of special investigations has increased in 2.1 times, but the relative value remained at average level of 0.4% on general background of the increasing of X-ray activity in the region. This fact influenced the change in the radiation-hygienic indexes of medical radiation exposure of the population of RT. According to №3-DOZ forms and radiation-hygienic passports of the territories, the levels of the annual collective effective dose from medical exposure to the patients and population increases in the period from 2006 to 2012. The structure of the medical exposure has been significantly changed. If the dominant role in the formation of the annual collective effective dose in 2006 performed the fluorography procedures (609.17 person-Sv; 34.03% in the structure of the total collective dose from medical exposure), then the primary importance passed to CT in 2013 (748.18 person-Sv; 50.04%).*

*The article considers the peculiarities of the formation and recording of exposure doses to patients when performing various types of x-ray procedures.*

*Conclusion. The widespread use of the digital technologies of producing and processing of the X-ray images, an adjust instrumental control and registration of patient exposure doses, routine control of operational parameters of the equipment used for the fluorographic, X-ray and fluoroscopic procedures allowed to objectify and reduce correspondent indicators of the collective effective exposure doses to patients and population. There exists the reserve for organizational, technical measures for the further reduction of patient exposure doses during the performance of the routine X-ray procedures, namely the standardization of the performed examinations, further transition to the digital X-ray technologies of the image obtaining. The use of calculation methods of the patient dose registration continues to provide the significant influence on the statistical reporting when the performing of CT and special examinations. Taking into account the fact that CT provides the greatest contribution to the annual collective effective dose in the region in recent years (more than 50%, the first place in the structure of medical exposure), and special examinations of a high clinical efficient, are also accompanied by a significant radiation exposure it is necessary to apply the measures fore the objectification of the exposure doses for these types of examinations in order to develop scientifically justified measures to reduce adverse effects on the exposed population categories.*

*Keywords: medical exposure, effective dose, collective effective exposure dose, average individual exposure dose, X-ray devices.*

## References

1. Sbornie zakonodatel'stva Rossijskoj Federacii. – 1996. – № 3. – St. 141.
2. Mozerova, E.Ja. Novye istochniki malyh doz radiacii: rezul'taty razvitiya diagnosticheskoj i terapevticheskoj radiologii / E.Ja. Mozerova // Radiacionnaja gigiena. – 2012. – T. 5, № 2. – S. 71–74.
3. Mettler, F.A. Jr. Radiologic and nuclear medicine studies in the United States and worldwide: frequency, radiation dose, and comparison with other radiation sources – 1950–2007 / F.A. Mettler Jr. [et al.] // Radiology. – 2009. – V. 253, № 2. – P. 520–531.
4. Samara, E.T. Exposure of the Swiss population by medical x-rays: 2008 review / E.T. Samara [et al.] // Health Phys. – 2012. – V. 102, № 3. – P. 263–270.
5. Scanff, P. Population exposure to ionizing radiation from medical examinations in France / P. Scanff [et al.] // Br J Radiology. – 2008. – V. 81, № 963. – P. 204–213.
6. Gorskij, A.A. Radiacionnaja bezopasnost' naselenija pri provedenii medicinskih rentgenoradiologičeskikh procedur / A.A. Gorskij [i dr.] // Zdravoohranenie. – 2009. – № 12. – S. 45–49.
7. Ryzhkin, S.A. Izmenenie struktury godovoj kollektivnoj jeffektivnoj dozy medicinskogo obluchenija naselenija Respubliki Tatarstan za period s 1998 po 2010 gody / S.A. Ryzhkin [i dr.] // Kazanskij medicinskij zhurnal. – 2012. – № 5. – S. 811–816.
8. Zaripov, R.A. Programmnaja sreda s graficheskim interfejsom dlja analiza i avtomatizirovannogo formalizovannogo protokolirovanija cifrovyh fljuorogramm organov grudnoj kletki / R.A. Zaripov [i dr.] // Materialy Vserossijskogo nauchnogo foruma «Radiologija 2005». – M., 2005. – S. 136–137.
9. Golikov, V.Ju. Urovni obluchenija pacientov pri provedenii rentgenologičeskikh issledovanij v Sankt-Peterburge i Leningradskoj oblasti / V.Ju. Golikov [i dr.] // Radiacionnaja gigiena. – 2011. – T. 4, № 1. – S. 5–13.
10. Vishnjakova, N.M. Optimizacija radiacionnoj zashhity pacientov pri medicinskom diagnostičeskom obluchenii : avtoref. diss. ... doktora med. nauk / N.M. Vishnjakova. – SPb., 2010. – 44 s.
11. Osnovnye sanitarnye pravila obespečenija radiacionnoj bezopasnosti (OSPORB – 99/2010): Sanitarnye pravila i normativy. – M.: Federal'nyj centr gigieny i jepidemiologii Rospotrebnadzora, 2010. – 83 s.
12. Guidance on Diagnostic Reference Levels (DRLs) for Medical Exposures. Radiation Protection 109. Directorate-General, Environment, Nuclear Safety and Civil Protection. – European Commission, 1999.
13. Oficial'nyj sajt Mezhdunarodnoj komissii po radiacionnoj zashhite (MKRZ) The Official Site of International Commission on Radiological Protection (ICRP) <http://www.icrp.org/docs/P105Russian.pdf> (data obrashhenija: 29.08.2014 g.).
14. ICRP, 2007c. Managing patient dose in multi-detector computed tomography. ICRP Publication 102. Ann. ICRP 37(1).
15. ICRP, 2000d. Managing patient dose in computed tomography. ICRP Publication 87. Ann. ICRP 30(4).
16. Blinov, N.N. Sravnitel'nyj analiz dozovyh nagruzok na pacientov pri provedenii kardiovaskuljarnyh issledovanij s ispol'zovanijem komp'juternyh tomografov i angiograficheskikh kompleksov / N.N. Blinov [i dr.] // Radiologija-praktika. – 2009. – № 3. – S. 30–40.
17. Horuzhik, S.A. Dozovye nagruzki pri komp'juterno-tomograficheskikh issledovanijah / S.A. Horuzhik [i dr.] // Izvestija nacional'noj akademii nauk Belarusi. Serija medicinskih nauk. – 2009. – № 1. – S. 14–22.
18. Bokerija, L.A. Ostryj koronarnyj sindrom: osnovnye voprosy strategii i taktiki v kliničeskoj praktike / L.A. Bokerija [i dr.]. – M.: NCSSH im. A. N. Bakuleva RAMN, 2012. – 239 s.
19. Akberov, R.F. Progressirujushhij mul'tifokal'nyj ateroskleroz: jetiologija, kliniko-luchevaja diagnostika, sovremennye aspekty lechenija / R.F. Akberov [i dr.]. – Kazan': Idel-Press, 2008. – 214 s.