

РЕГИСТР ПАЦИЕНТОВ, ПРОХОДЯЩИХ КТ-ИССЛЕДОВАНИЯ
В ОТДЕЛЕНИИ ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКИ ЦМСЧ-71 Г. ОЗЁРСКЛебедев Н.И.¹, Осипов М.В.², Бабинцева Н.А.¹, Синяк Е.В.¹, Фомин Е.П.¹

Цель исследования. Создать регистр пациентов, проходящих компьютерно-томографическое исследование (КТ) в отделении лучевой диагностики ЦМСЧ-71 г. Озёрск в целях обеспечения возможности проведения эпидемиологического наблюдения.

Материалы и методы. Сбор, обобщение и верификация информации о лицах, проходивших компьютерную томографию, проводились с использованием информации из архивных протоколов обследований пациентов. Обследования выполнялись на шаговом компьютерном томографе СТ Мах-640 и мультиспиральном (16-срезовом) компьютерном томографе Bright Speed Elite в отделении лучевой диагностики ЦМСЧ-71 за период с 2007 по 2016 гг. Применялась электронная БД «Регистр КТ» и статистический анализ ключевых параметров.

Результаты. Получены медико-дозиметрические характеристики КТ-исследований. Выявлены проблемы и предложены методы оптимизации.

Выводы. Создание радиационно-эпидемиологического регистра позволит осуществлять анализ радиогенного риска, контролировать уровни облучения пациентов и прогнозировать радиогенный риск.

Ключевые слова: регистр, компьютерная томография (КТ), медицинское облучение, доза облучения.

Контактный автор: Осипов М.В., e-mail: ferrum76@mail.ru

Для цитирования: Лебедев Н.И., Осипов М.В., Бабинцева Н.А., Синяк Е.В., Фомин Е.П. Регистр пациентов, проходящих кт-исследования в отделении лучевой диагностики цмсч-71 г. озёрск. REJR 2017; 7(2):110-116. DOI:10.21569/2222-7415-2017-7-2-110-116.

Статья получена: 30.03.2017

Статья принята: 20.04.2017

CHECKLIST OF PATIENTS UNDERGOING CT AT THE RADIOLOGY DEPARTMENT
CMSU-71 OZERSKLebedev N.I.¹, Osipov M.V.², Babintseva N.A.¹, Sinyak E.V.¹, Fomin E.P.¹

Purpose. To create a checklist of patients undergoing computed tomography (CT) at the department of radiology at CMSU-71 in Ozyorsk to allow the epidemiological surveillance.

Materials and methods. The collation and verification of information about individuals who held a CT scan was performed using information from archival examination protocols of patients. The examination was performed on the stepper computer tomograph CT Max 640 and multislice (16-slices) computer tomograph Bright Speed Elite in the Department of radiology CMSU-71 from 2007 to 2016. The electronic database "Register CT" and statistical analysis of key parameters was used.

Results. Medical and dose characteristics of CT-scan were received. Problems and proposed methods of optimization were identified.

Conclusions. The creation of radiation and epidemiological checklist can allow the analysis of radiogenic risk, to monitor patient's exposure doses and to predict the radiogenic risk.

1 - ФГБУЗ Центральная медико-санитарная часть №71 ФМБА РФ.
2 - ФГУП Южно-Уральский институт биофизики ФМБА РФ.
г. Озёрск, Россия.

1 - Central Medical-Sanitary Unit №71.
2 - Southern Urals Biophysics Institute.
Ozersk, Russia.

Keywords: checklist, computed tomography (CT), medical radiation, exposure the radiation dose.

Corresponding author: Osipov M.V., e-mail: ferrum76@mail.ru

For citation: Lebedev N.I., Osipov M.V., Babintseva N.A., Sinyak E.V., Fomin E.P. Checklist of patients undergoing ct at the radiology department cmsu-71 ozersk. REJR 2017; 7 (2): 110-116. DOI:10.21569/2222-7415-2017-7-2-110-116.

Received: 30.03.2017

Accepted: 20.04.2017

Оснoвы государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности Российской Федерации на период до 2025 года (утв. Президентом РФ 1 марта 2012 г. N Пр-539) предполагают «...проведение широкомасштабных исследований уровней облучения пациентов и медицинского персонала в условиях массового внедрения новых методов лучевой диагностики и терапии (в том числе ядерной медицины)», а также «...ведение медико-дозиметрического регистра работников атомной промышленности в целях определения групп потенциального радиационного риска» [1].

Данная задача обусловлена наметившейся в последние десятилетия тенденцией к росту дозы медицинского облучения [2]. Так, по данным МАГАТЭ, средняя годовая эффективная доза от медицинского излучения на каждого жителя Земли возросла с 0,3 мЗв в 1993 году до 0,64 мЗв в 2008 году [3]. При этом основной вклад в увеличение средней эффективной дозы обусловлен все более широким применением таких высокотехнологических процедур, как компьютерная томография (КТ) [4]. В создавшихся условиях рентгенолог, осуществляющий диагностику, так же как и лечащий врач, направляющий пациента на рентгенологическое обследование, должны быть проинформированы о возможном риске, которому подвергается пациент, и придерживаться принципов радиационной безопасности в формировании оптимальной стратегии диагностики и лечения пациента для минимизации возможных неблагоприятных последствий воздействия медицинского облучения.

Оценка риска развития отдалённых последствий воздействия медицинского диагностического облучения требует анализа данных многолетнего наблюдения при помощи когортного исследования, что связано с длительностью периода индукции злокачественных новообразований при воздействии малых доз ионизирующего излучения и длительным латентным периодом развития некоторых злокачественных новообразований, а также статистической

мощностью [5]. Создание радиационно-эпидемиологического регистра позволит осуществлять такое наблюдение, контролировать уровни облучения пациентов и прогнозировать радиогенный риск.

Цель исследования.

Создание регистра пациентов, проходящих компьютерно-томографическое исследование в отделении лучевой диагностики ЦМСЧ-71 г. Озёрск в целях обеспечения возможности проведения эпидемиологического наблюдения. Создание электронной базы данных (БД) «Регистр КТ» в формате MS Access. Первичная статистическая обработка данных и анализ полученных результатов. Оценка уровней медицинского диагностического облучения в результате проведения компьютерной томографии.

Материалы и методы.

Сбор, обобщение и верификация информации о лицах, проходивших КТ в отделении лучевой диагностики ЦМСЧ-71 г. Озёрск, проводились с использованием информации из архивных протоколов обследований пациентов. Обследования выполнялись на шаговом компьютерном томографе СТ Мах-640 и мультиспиральном (16-срезовой) компьютерном томографе Bright Speed Elite в отделении лучевой диагностики за период с 2007 по 2016 гг. Критериями включения в регистр были проживание в населённых пунктах ЗАТО г. Озёрск и прохождение КТ в отделении лучевой диагностики ЦМСЧ-71.

КТ проводилась с использованием стандартных протоколов с функцией автоматической настройки параметров экспозиции, в соответствии с измерениями размеров тела в реальном времени, за исключением случаев, когда в целях снижения лучевой нагрузки на пациента принималось решение об изменении настроек (mAs, Kv) вручную. В частности, такой метод применялся для исследования пациентов детского возраста, а также у пациентов с низкой массой тела. Оптимизация исследования для снижения лучевой нагрузки на пациента применялась нами и при обследовании органов брюшной полости с контрастированием и у па-

Таблица №1. Стандартные параметры исследования в зависимости от анатомической области.

Анатомическая область	Напряжение на трубке, kV	Сила тока, mAs*	Толщина слоя, mm	Время ротации трубки, с
Головной мозг	140	140	2,5-5	2,0
Грудная клетка	120	120	1,25	0,6
Брюшная полость	120	360	1,25	0,6
Позвоночник (один отдел)	120	260	0,625	1,0
Крупные суставы	120	120	0,625	0,6

циентов в процессе химиотерапии [6, 7]. Тем не менее, оптимизация протоколов возможна не во всех случаях, поскольку снижение экспозиции ухудшает четкость диагностического изображения и может приводить к ошибкам. Стандартные параметры томографии для взрослых пациентов приведены в таблице №1.

Информация о каждом КТ-исследовании из протоколов была деперсонализирована и перенесена в электронную базу данных (БД) в формате MS Access, где была сгруппирована по следующим критериям:

id – уникальный идентификационный номер пациента в Регистре;

num – уникальный номер протокола исследования; **gender** – пол;

bdate – дата рождения; **ddate** – дата проведения исследования;

unit – кем направлен; **diag** – диагноз при направлении;

area – область исследования; **q_pro** – количество исследований;

enh – информация о введении контраста; **res** – заключение КТ;

EED – эффективная эквивалентная доза. программным обеспечением томографа согласно заданному протоколу исследования по формуле: значение ЭЭД для томографа СТ Мах – 640 рассчитывалось по стандартным таблицам для типовых значений параметров экспозиции при выполнении исследований на данном томографе, а значение ЭЭД для сканера Bright Speed Elite вычислялось по формуле:

$$\text{ЭЭД} = E_{\text{DLP}} * \text{DLP},$$

где DLP – Dose Length Product, произведение дозы на длину сканирования,

E_{DLP} – коэффициент конверсии в зависимости от области исследования [8].

Введённые в БД данные были верифицированы с целью исключения пропущенных, дублирующих и ошибочно внесённых записей. Произведён предварительный статистический анализ данных, рассчитаны половозрастные показатели и средние величины ЭЭД в зависи-

мости от периода исследования и типа сканера.

Результаты.

В электронной БД «Регистр КТ» собрана информация о 17532-х исследованиях, проведённых на компьютерном томографе в отделении лучевой диагностики ЦМСЧ – 71 за период с 2007 по 2016 год. Собранная информация была статистически обработана по основным параметрам, позволяющим представить медико-дозиметрические и половозрастные характеристики регистра. Результаты предварительной статистической обработки данных регистра представлены в таблицах №2 и №3 и на диаграммах №1 и №2 (рис. 1, 2). Средние значения ЭЭД и количество проведённых исследований в зависимости от используемого типа сканера и календарного года представлены в таблице №2.

Согласно данным таблицы №2, весь 10-летний период наблюдения можно условно разделить на два периода по 5 лет в зависимости от типа используемого КТ-сканера. Более современные технические характеристики томографа Bright Speed Elite позволили расширить спектр показаний для исследования, проводить более сложные информативные исследования, что обусловило различие в количестве обследованных и значениях средних величин дозы за одно исследование. Так, средняя ЭЭД пациента за 1 исследование в первый 5-летний период, относящийся к использованию сканера СТ Мах-640, составила 1,6 мЗв (0,2 - 5,8), а ЭЭД на 1 исследование за второй 5-летний период, относящийся преимущественно к использованию сканера Bright Speed Elite, составила в среднем 3,5 мЗв (1,5 - 27).

Использование МСКТ позволило в 2,3 раза повысить количество проводимых исследований. При этом средняя доза за одно исследование возросла в 2,2 раза, а максимальная доза за исследование увеличилась в 4,7 раза. Это объясняется более широкими возможностями мультиспирального режима, выполнением многофазных исследований с использованием внутривенного введения контрастного веще-

Таблица № 2. Количество КТ-исследований и средняя доза облучения пациента в зависимости от года исследования и типа сканера.

Год исследования	Тип сканера	Количество	Средняя ЭЭД, мЗв*
<i>Шаговый КТ</i>			
2007	СТ Max-640	1034	1,9 (0,1 – 5,8)
2008	СТ Max-640	1299	1,6 (0,2 – 5,8)
2009	СТ Max-640	1374	1,7 (0,2 – 5,8)
2010	СТ Max-640	721	1,6 (0,2 – 5,8)
2011	СТ Max-640	902	1,3 (0,3 – 5,8)
2007 – 2011	СТ Max-640	5330	1,6 (0,2 – 1,8)
<i>Мультиспиральный</i>			
2012	Bright Speed Elite	2032	3,2 (0,4 – 28,5)
2013	Bright Speed Elite	2770	3,5 (0,2 – 23,4)
2014	Bright Speed Elite	2614	3,6 (0,1 – 25,1)
2015	Bright Speed Elite	2682	3,6 (0,4 – 29,0)
2016	Bright Speed Elite	2104	3,6 (0,4 – 28,8)
2012 – 2016	Bright Speed Elite	12202	3,5 (1,5 – 27,0)
Весь период		17532	2,6 (0,2 – 16,4)

ства, в результате чего количество сканированных за одно исследование увеличивается пропорционально количеству фаз контрастирования. Средняя доза за исследование в течение всего периода наблюдения составила 2,6 мЗв (0,2 - 16,4). Вместе с этим, увеличение лучевой нагрузки при использовании МСКТ многократно повысило диагностическую ценность получаемых изображений. Структура проведённых обследований в зависимости от анатомической области исследования и типа сканера представлена на диаграммах №1 и №2 (рис. 1, 2).

Наиболее распространённой областью исследования как при КТ, так и при МСКТ была область головного мозга (58,2 – 70,8%). Доля исследований брюшной полости, грудной клетки и пояснично-крестцового отдела позвоночника в сумме составляла 23,3 и 28,8% соответственно периоду наблюдения. Доля остальных областей в общем количестве исследований составляла

менее 5%. Необходимо отметить, что исследование брюшной полости в большинстве случаев также включало область малого таза.

Благодаря внедрению МСКТ стало возможным проведение МСКТ-ангиографии (МСКТА) сосудов головного мозга, грудного и брюшного отдела аорты, сосудов нижних конечностей и т.д, доля которой составила 2,7% от общего числа исследований, проведённых после 2011 г.

Поскольку КТ и МСКТ проводились лицам всех возрастов, включая детский возраст, который является наиболее чувствительным к воздействию ионизирующего излучения, мы проанализировали средний возраст всех пациентов и среднее значение дозы для пациентов от 0 до 14 лет. Характеристика регистра в зависимости от пола и календарного года исследования представлена в таблице №3.

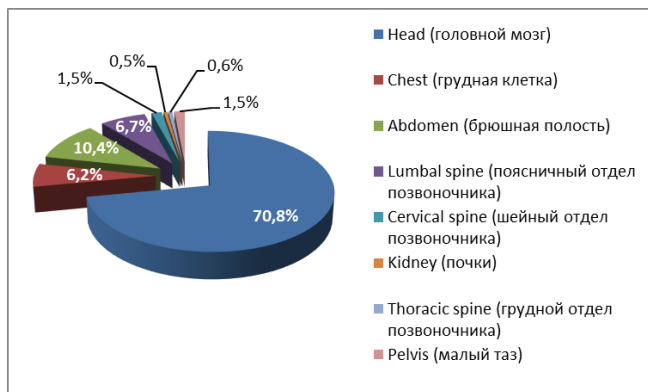


Рис. 1 (Fig. 1).

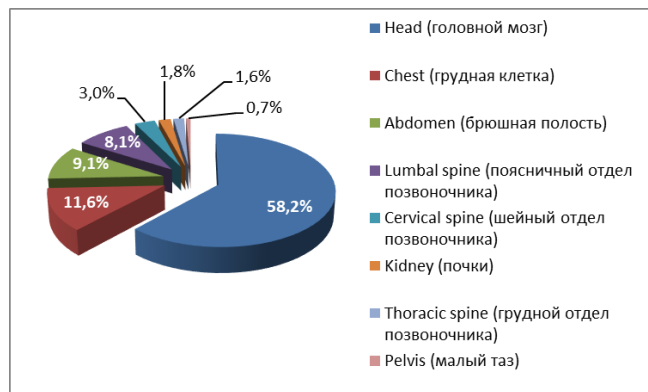


Рис. 2 (Fig. 2).

Рис. 1. Диаграмма №1.

Структура КТ-обследований, проведённых на компьютерном томографе CT Max – 640 за период с 2007 по 2011 гг., в зависимости от области исследования.

Fig. 1. Diagram №1.

The organization of CT-procedures by localization performed on CT Max – 640 during 2007 – 2011.

Рис. 2. Диаграмма №2.

Структура МСКТ-обследований, проведённых на компьютерном томографе Bright Speed Elite за период с 2011 по 2016 гг., в зависимости от области исследования (за исключением МСКТА).

Fig. 2. Diagram №2.

The organization of MSCT-procedures by localization performed on Bright Speed Elite during 2011 – 2016 (excluding MSCTA).

Таблица № 3. Половозрастные характеристики и средняя доза за одно исследование у лиц детского возраста.

Год	Исследований	Мужчин,%	Женщин,%	Средний возраст	0 - 14 лет,%	Средняя доза 0 - 14 лет, мЗв*
2007	1033	53,0	47,0	53,2	4,6	0,8 (0,1 - 5,1)
2008	1299	53,0	47,0	54	4,8	0,6 (0,2 – 5,8)
2009	1374	49,6	50,4	53,5	6,3	0,5 (0,2 – 2,9)
2010	721	44,7	55,3	55	5,0	0,5 (0,2 – 2,8)
2011	903	48,3	51,7	56,4	3,8	0,5 (0,2 – 2,1)
2012	2032	47,0	53,0	56	3,6	1,4 (0,4 – 4,0)
2013	2770	47,9	52,1	57,2	3,3	1,2 (0,3 – 4,5)
2014	2614	48,0	52,0	57	4,0	1,4 (0,3 – 20,0)
2015	2682	49,5	50,5	57	4,2	1,3 (0,4 – 4,0)
2016	2104	49,3	50,7	56	5,2	1,8 (0,4 – 3,8)
Итого	17532	48,5	51,5	56	4,3	1,0 (0,3 – 5,5)

Доля обследованных мужчин и женщин составила в среднем 48,5% и 51,5% соответственно. Это соотношение незначительно варьировало в зависимости от периода исследования. Возраст обследованных мужчин и женщин составил от 0 до 85 лет, средний возраст обследованных составил 56 лет. Доля обследованных

лиц детского возраста (от 0 до 14 лет) составила в среднем 4,3%. Средняя доза за одно исследование при использовании детских протоколов составила 1,0 мЗв (0,3 - 5,5). Отношение величин средних доз при обследовании в детском (от 0 до 14 лет) возрасте и для всех возрастов составило 2,6.

Обсуждение.

Технические параметры исследования такие, как напряжение на трубке (Кв), сила тока (мАс), толщина среза, питч и время вращения трубки, не вносились в протоколы обследования пациентов, и по этой причине не являлись доступными для статистической обработки в данном исследовании. Таким образом, различия в технических параметрах при выполнении однотипных процедур нашли отражение только в интегральной величине – дозе (ЭЭД). Однако величина эффективной эквивалентной дозы уже является мерой риска и не может быть использована для оценки отдалённых последствий воздействия медицинского облучения при проведении КТ. Согласно рекомендациям Международного комитета по радиационной защите, эффективная доза может быть полезна для сравнения различных диагностических процедур или одних и тех же технологий, и процедур, используемых различными лечебными учреждениями, а также при использовании разных технологий для проведения одного и того же медицинского исследования. Однако, при планировании диагностического облучения пациентов и оценке соотношения риск – польза должна использоваться поглощенная доза в облучаемых тканях [9]. Для расчёта поглощённой дозы необходимо фиксировать в протоколах вышеназванные технические параметры.

Полученные величины ЭЭД при КТ сравнимы с пределами доз, установленных «Требованиями к ограничению техногенного облучения в контролируемых условиях» для облучения населения (1 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв в год), однако в действующих нормах радиационной безопасности не существует ограничений для медицинского облучения в диагностических целях [10]. Тем не менее, это не отменяет вероятности развития радиационно-индуцированных стохастических эффектов в результате воздействия медицинского диагностического облучения. Поэтому в целях обеспечения радиационной безопасности для персонала радиационно-опасных объектов и населения, проживающего на близлежащей территории необходимо наблюдение за данной группой лиц.

Компьютерно-томографические исследования проходили в основном лица трудоспособного возраста (об этом говорит средний возраст обследованных – 56 лет), часть из которых является работниками градообразующего предприятия, однако идентификация персонала ЯПК в созданном регистре на данном этапе исследования не проводилась. Для уменьшения лучевой нагрузки на пациентов производилась

оптимизация протоколов в тех случаях, когда это было возможно без потери диагностической информации. В то же время, согласно существующим стандартам обследования, например, в неврологии, больным после проведения КТ назначается рентгенография черепа в двух проекциях, что увеличивает дозовую нагрузку на пациента, но не несет диагностической ценности. По нашему мнению, такие дополнительные обследования являются излишними и должны быть исключены из стандартов обследования пациентов.

Заключение.

Созданный регистр пациентов, проходящих КТ в отделении лучевой диагностики ЦМСЧ-71 г. Озёрск, предоставляет актуальную дозиметрическую и медицинскую информацию, которая может быть использована для проведения эпидемиологических исследований с целью анализа радиационного риска. Предварительный статистический анализ показал, что введение в эксплуатацию мультиспирального томографа позволило расширить спектр показаний для компьютерной томографии, более чем в 2 раза повысить количество проводимых исследований, в результате чего возросла в 2,2 раза и средняя доза облучения пациента. Наиболее облучаемой анатомической областью пациентов, проходящих КТ и МСКТ-обследования в отделении лучевой диагностики ЦМСЧ-71, является головной мозг (58,2% - 70,8%). Следующими по распространённости областями исследования, подвергающимися лучевой нагрузке, являются органы грудной (6,2% - 11,6%) и брюшной полости (9,1% - 10,4%). Среднее значение эффективной дозы при КТ и МСКТ у детей составляет 1 мЗв.

Регистрируемые значения дозы облучения пациентов при проведении КТ обуславливают необходимость наблюдения данной группы лиц в плане контроля за развитием возможных отдалённых последствий медицинского облучения. Регистр представляет источник информации о дополнительном факторе радиационного воздействия у персонала предприятия ЯПК и населения, проживающего на территории ЗАТО.

Благодарность.

Авторы выражают благодарность персоналу кабинета МСКТ отделения лучевой диагностики ЦМСЧ-71.

Источник финансирования и конфликт интересов.

Авторы данной статьи подтвердили отсутствие финансовой поддержки исследования и конфликта интересов, о которых необходимо сообщить.

Список литературы:

1. Основы государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности Российской Федерации на период до 2025 года (утв. Президентом РФ 1 марта 2012 г. N Пр-539) <http://www.scrf.gov.ru/documents/18/128.html>
2. Наркевич Б. Я., Долгушин Б. И. Обеспечение радиационной безопасности в компьютерной томографии и интервенционной радиологии. *Российский электронный журнал лучевой диагностики.* 2013; 2 (3): 7-19.
3. IAEA Publication 1532. *Justification of Medical Exposure in Diagnostic Imaging.* – Vienna: International Atomic Energy Agency, 2011.
4. Miller D.L., Balter S., Cole P.E., Lu H. et al. Radiation doses in interventional radiology procedures: the RAD-IR study. Part I: overall measures of dose. *J. Vasc. Interv. Radiol.* 2003; 14: 711-727.
5. Осипов М.В., Сокольников М.Э. Оценка вклада медицинского облучения в канцерогенный риск у работников ПО «Маяк». *Российский электронный журнал лучевой диагностики.* 2016; 6 (2): 72-79.
6. Osipov M.V., Lebedev N.I., Fomin E.P. Radiation Safety of Patients: Reducing the Radiation Dose in Abdominal Multislice Computed Tomography. *Russian Electronic Journal of Radiology.* 2015; 5 (2): 47-51.
7. Лебедев Н.И., Осипов М.В., Синяк Е.В., Фомин Е.П. Алгоритм контрольного МСКТ – исследования органов брюшной полости у пациентов, находящихся в процессе химиотерапии. *Медицинская радиология и радиационная безопасность.* 2015; 60 (4): 81-86.
8. Хоружик С.А., Чиж Г.В., Богусевич Е.В., Гацкевич Г.В., Кандыбович Д.С., Мацкевич С.А., и др. Дозовые нагрузки при компьютерно-томографических исследованиях. *Известия национальной академии наук Беларуси. Серия медицинских наук.* 2009; 1: 14-22.
9. ICRP Publication 103. *Recommendations of the International Commission on Radiological Protection.* Ann. ICRP, 2007; 37 (2-4): 1-332.
10. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности ОСПОРБ-99/2010. СП 2.6.1.25 – 10.

References:

1. The Fundamentals of the State Policy in the Field of Ensuring the Nuclear and Radiation Safety of the Russian Federation for the Period until 2025 (approved by the President of the Russian Federation on March 1, 2012 г. N Pr-539). Available at: <http://www.scrf.gov.ru/documents/18/128.html> (Accessed 12 march 2017) (in Russian).
2. Narkevich B.Ya., Dolgushin B.I. Providing radiation safety in computed tomography and interventional radiology. *Russian electronic journal of radiology.* 2013; 2 (3): 7-19 (in Russian)
3. IAEA Publication 1532. *Justification of Medical Exposure in Diagnostic Imaging.* – Vienna: International Atomic Energy Agency, 2011.
4. Miller D.L., Balter S., Cole P.E., Lu H. et al. Radiation doses in interventional radiology procedures: the RAD-IR study. Part I: overall measures of dose. *J. Vasc. Interv. Radiol.* 2003; 14: 711-727.
5. Osipov M.V., Sokolnikov M.E. Assessment of the contribution of medical exposure to carcinogenic risk among Mayak workers. *Russian Electronic Journal of Radiology.* 2016; 6 (2): 72-79 (in Russian).
6. Osipov M.V., Lebedev N.I., Fomin E.P. Radiation Safety of Patients: Reducing the Radiation Dose in Abdominal Multislice Computed Tomography. *Russian Electronic Journal of Radiology.* 2015; 5 (2): 47-51 (in Russian).
7. Lebedev N.I., Osipov M.V., Sinyak E.V., Fomin E.P. The algorithm of MSCT - control studies of the abdomen among patients undergoing chemotherapy. *Medical radiology and radiation safety.* 2015; 60 (4): 81-86 (in Russian).
8. Khoruzhik S.A., Chizh G.V., Bogushevich E.V., Gatskevich G.V., Kandybovich D.S., Matskevich S.A., et al. Dose levels in computer tomography studies. *Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Series of medical sciences.* 2009; 1: 14-22 (in Russian).
9. ICRP Publication 103. *Recommendations of the International Commission on Radiological Protection.* Ann. ICRP, 2007; 37 (2-4): 1-332.
10. Basic Sanitary Rules for Radiation Safety OSPORB-99/2010. SP 2.6.1.25 - 10 (in Russian).