

КОМПЬЮТЕРНАЯ ТОМОГРАФИЯ КАК ФАКТОР РИСКА У ОНКОЛОГИЧЕСКИХ ПАЦИЕНТОВ ПРИ НАЛИЧИИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБЛУЧЕНИЯ

Осипов М.В.¹, Важенин А.В.^{2,3}, Доможирова А.С.^{2,3},
Чернова О.Н.², Аксенова И.А.^{2,3}

Цель исследования. В исследовании предпринимается попытка ответить на вопрос, подвержены ли риску развития отдалённых эффектов пациенты, неоднократно обследованные на компьютерном томографе по показаниям, связанным с диагностикой онкологической патологии, в течение последующих лет наблюдения.

Материалы и методы. В качестве исследуемого эффекта рассматривалась смертность от злокачественных новообразований. Фактором риска радиационной природы считалось диагностическое облучение, полученное пациентом при прохождении компьютерной томографии. В течение периода наблюдения оценивалась кратность облучения в зависимости от возраста и других факторов. Среди обследованных лиц выделялось две группы: персонал предприятия ядерно-промышленного комплекса, в процессе трудовой деятельности подвергавшийся воздействию ионизирующего излучения от различных источников, и население, проживавшее на прилегающей к предприятию территории, не подвергавшееся его воздействию.

Результаты. Получены оценки относительного риска смерти от злокачественных новообразований в зависимости от факторов радиационной и нерадиационной природы.

Заключение. Результаты исследования предоставляют дополнительную информацию, необходимую для проведения многофакторного эпидемиологического анализа с целью оценки риска воздействия малых доз облучения непроизводственного характера у персонала предприятий ядерно-промышленного комплекса и населения, проживающего на прилегающей территории.

Ключевые слова: КТ, МСКТ, раковый регистр, диагностическое облучение, онкологическая патология, медицинское облучение, радиогенный риск.

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

Для цитирования: Осипов М.В., Важенин А.В., Доможирова А.С., Чернова О.Н., Аксенова И.А. Компьютерная томография как фактор риска у онкологических пациентов при наличии профессионального облучения. REJR 2019; 9(1):142-147. DOI:10.21569/2222-7415-2019-9-1-142-147.

Статья получена: 24.01.19

Статья принята: 14.02.19

COMPUTED TOMOGRAPHY AS A RISK FACTOR IN CANCER PATIENTS WITH PROFESSIONAL RADIATION EXPOSURE

Osipov M.V.¹, Vazhenin A.V.^{2,3}, Domozhirova A.S.^{2,3},
Chernova O.N.², Aksenova I.A.^{2,3}

Purpose. The study attempts to answer the question whether the risk of developing stochastic effects in the next few years is affected by multiply exposition to ionizing radiation due to computed tomography in patients with oncological pathology.

Materials and methods. As effect, cancer mortality has been used for analysis. Diagnostic exposure received by the patient during computed tomography has been considered as a radiation risk factor. The survival time and the amount of diagnostic exposures depending on age attained and other risk factors were evaluated. Among surveyed, two

1 - ФГУП «Южно-Уральский институт биофизики». г. Озерск, Россия.
2 - ГБУЗ «Челябинский областной клинический центр онкологии и ядерной медицины». г. Челябинск, Россия.
3 - ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России. г. Челябинск, Россия.

1 - Southern Urals Biophysics Institute. Ozyorsk, Russia.
2 - Chelyabinsk Regional Clinical Center of Oncology and Nuclear Medicine. Chelyabinsk, Russia.
3 - South Ural State Medical University. Chelyabinsk, Russia.

groups were formed out: the personnel of a nuclear industrial complex, exposed to ionizing radiation from professional sources, and the population living on the territory adjacent to the nuclear industrial complex, which has never been exposed to professional radiation.

Results. The relative risk of death from malignant neoplasms depending on radiation and non-radiation factors has been estimated.

Conclusion. The results of the study provide additional information which is necessary for carrying out multi-factor epidemiological analysis to assess the risk of low doses of non-occupational exposure of the personnel of nuclear industry and the population living in the surrounding area.

Keywords: CT, MSCT, cancer registry, diagnostic exposure, oncological pathology, medical exposure, radiogenic risk.

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

For citation: Osipov M.V., Vazhenin A.V., Domozhirova A.S., Chernova O.N., Aksenova I.A. Computed tomography as a risk factor in cancer patients with professional radiation exposure. REJR 2019; 9(1):142-147. DOI:10.21569/2222-7415-2019-9-1-142-147.

Received: 24.01.19

Accepted: 14.02.19

Значительные расходы на лечение и реабилитацию, социальное обеспечение и страхование онкологических больных требуют мер, направленных на профилактику развития онкологической патологии. Среди мер первичной профилактики злокачественных новообразований значимая роль принадлежит разумному ограничению воздействия известных канцерогенных факторов, в том числе ионизирующего излучения (ИИ) [1]. Данные меры являются актуальными в отношении и населения, и персонала предприятий, в процессе своей профессиональной деятельности имеющих контакт с источниками ИИ техногенного характера [2]. На сегодняшний день обследование пациентов при помощи компьютерной томографии (КТ) входит в стандарты оказания специализированной медицинской помощи при многих онкологических заболеваниях, при этом являясь также источником лучевой нагрузки. При таких исследованиях, как население, так и работники предприятий ядерно-промышленного комплекса, подвергаются воздействию дополнительного радиационного фактора, который, в отличие от производственного облучения персонала, не нормируется. В связи с этим для персонала групп А и Б существует возможность возникновения ситуаций, когда уровень диагностического облучения может превосходить пределы, установленные для облучения этого работника на производстве. Оценить, насколько воздействие данного дополнительного радиационного фактора влияет на риск развития стохастических эффектов (заболеваемости и смертности от злокачественных новообразований), возможно при проведении эпидемиологического исследования. Проведение таких исследований среди лиц, подвергающихся воздействию малых доз облучения

непроизводственного характера, предоставляет возможность для актуализации существующих норм радиационной безопасности для населения и персонала радиационно-опасных объектов. Данное исследование является продолжением работ по оценке радиационного риска в когорте персонала производственного объединения «Маяк» и призвано расширить существующий регистр лиц, проходивших медицинское диагностическое облучение в ЗАТО г. Озёрск [3, 4].

Материалы и методы.

Источником данных для настоящего исследования являлись архивные протоколы КТ-обследований пациентов отделения компьютерной томографии Челябинского областного клинического центра онкологии и ядерной медицины за период с 2007 по 2017 гг. Обследования пациентов выполнялись по клиническим показаниям на компьютерном томографе Toshiba Aquillion 64. Архивные протоколы представлены в виде записей в журналах, содержащих необходимые для проведения статистической обработки данные, включающие пол, возраст пациента на момент обследования, направившее учреждение, номер протокола, дату обследования и медицинскую информацию, включающую диагноз при направлении, область исследования, использование контрастного усиления, значение величины эффективной дозы (ЭД), заключение врача КТ и прочую информацию.

Наблюдение выполнено ретроспективно и охватывает десятилетний период с 01.01.2008 по 31.12.2017 гг. Из всех архивных протоколов были отобраны 480 записей об обследованиях пациентов, проживавших на территории, относящейся к закрытому административно-территориальному объединению (ЗАТО) г.

Озёрск. Период наблюдения вычислялся от даты первого обследования на КТ до даты окончания наблюдения (31.12.2017 г.) в случае, если пациент был жив, даты последнего известия о жизненном статусе пациента или даты его смерти. Информация о жизненном статусе и причинах смерти была получена из регистра причин смерти, созданного в Южно-Уральском институте биофизики. Регистр содержит информацию о лицах, проживавших в ЗАТО г. Озёрск, дате и причине смерти, подтвержденную с использованием данных из различных источников (бюро ЗАГС, протоколы патолого-анатомического исследования, акты судебно-медицинской экспертизы и прочее). Была проведена сверка данных о дате и причине смерти в Челябинском популяционном раковом регистре, входящем в Международную ассоциацию раковых регистров, качество базы данных которого было оценено как высокое на международном уровне [5]. Также была проведена идентификация выборки в базе данных «Регистр КТ», содержащей информацию из протоколов исследований пациентов в кабинете рентгеновской компьютерной томографии ЦМСЧ №71 [2]. Для установления наличия фактора профессионального воздействия ИИ произведён поиск информации в регистре персонала работников ПО «Маяк» [6]. Анализ статистической значимости различий проводился в таблицах сопряжённости признаков с использованием одностороннего теста Фишера. Различия считались значимыми при уровне значимости 0,05 [7].

Результаты.

Количество пациентов, проживавших в ЗАТО г. Озёрск и обследованных на КТ в Челябинском областном клиническом онкологическом диспансере за период наблюдения один или более раз, составило 248. При этом количество обследований на одного пациента в исследуемой группе с учётом предшествующих или последующих обследований в кабинете КТ рентгенологического отделения ЦМСЧ №71 за аналогичный период варьировало от 1 до 18, а среднее количество обследований одного пациента составило 3,4. Распределение по количеству обследований пациентов за период наблюдения в зависимости от обследовавшего учреждения (-ий) представлено в таблице №1.

Согласно данным таблицы №1, среди обследованных можно выделить две группы – 62 пациента, однократно прошедших диагностику на КТ в ЧОКЦО и ЯМ (25%), и 186 пациентов, неоднократно обследованных в ЧОКЦО и ЯМ и в ЦМСЧ №71 г. Озёрск (75%). Пациенты, имеющие по одному обследованию в каждом из указанных учреждений, отнесены в группу неоднократно обследованных.

Возраст всех обследованных варьировал от 5 до 85 лет, наибольшая доля обследований

(более 50%) приходилась на возраст от 45 до 75 лет. Среднее значение возраста на момент обследования составило 57,8 лет (58,8 для мужчин и 56,9 для женщин), мода возрастного распределения – 64 года, что соответствует смещению плотности распределения в сторону более старшего возраста.

Из всех пациентов, включённых в настоящее исследование, в регистре персонала ПО «Маяк» было идентифицировано 69 работников (27,8% от всех пациентов) [6]. Всего работникам ПО «Маяк» было проведено 256 обследований, что составило 53% от общего количества. Среднее количество обследований на КТ у персонала составило 3,7, а максимальное – 15 обследований пациента за период наблюдения. Среди обследованных работников радиационно-опасных производств 78,3% мужчин и 21,7% женщин, средний возраст которых на момент обследования составил 62,2 лет (для мужчин 61,2 и для женщин 65,6 лет).

Значение эффективной дозы (ЭД) было зафиксировано в протоколах обследований 70,8% пациентов. Средняя величина ЭД за одно обследование составила $4,3 \pm 0,5$ мЗв и различалась в зависимости от области исследования, параметров пациента, количества проходов сканера при использовании контрастного усиления (минимальное значение 0,21 мЗв, максимальное 33,9 мЗв). Средние значения суммарной ЭД, накопленной пациентом за весь период наблюдения, в зависимости от пола и количества проведённых обследований представлены в таблице №2 (для каждой средней величины указаны стандартное отклонение и границы 95% ДИ).

Среднее значение накопленной ЭД в случае неоднократных обследований, как для мужчин, так и для женщин, в несколько раз превышало аналогичную величину у однократно обследованных пациентов. Для онкологических пациентов, обследованных на КТ по месту жительства в г. Озёрск, среднее значение ЭД было более чем в 2 раза выше, чем для пациентов, обследованных только в отделении КТ ЧОКЦО и ЯМ.

Жизненный статус и стадия ЗНО.

Жизненный статус на момент окончания наблюдения установлен для 81,9% обследованных. Для остальных дата КТ-диагностики была датой последней известной информации о пациенте в 7,5% случаев, а в 10,4% случаев было известно о выезде пациента за пределы ЗАТО г. Озёрск. Из всех обследованных с известным жизненным статусом на дату окончания наблюдения 59,1% умерло от различных причин, в том числе от злокачественных новообразований (92,5%). Средний возраст смерти составил 61,8 года (для мужчин 62,4 года, для женщин – 60,5 года). Среди обследованных на

Таблица №1. Количество обследований пациентов на КТ в зависимости от учреждения.

Учреждение	Количество обследований							Всего
	1	2	3	4	5	6	7 и >	
Только ЧОКЦО и ЯМ	62	33	4	11	1	1	3	115
ЧОКЦО и ЯМ, ЦМСЧ №71	77	31	9	6	1	4	5	133
Всего пациентов	139	64	13	17	2	5	8	248

Таблица №2. Среднее значение накопленной ЭД (ЧОКЦО и ЯМ), мЗв*

	Оба пола	Мужчины	Женщины
1 КТ	4,3±0,5 (3,3; 5,3)	5,4±0,9 (3,6; 7,2)	3,2±0,5 (2,2; 4,1)
> 1 КТ	10,2±1,04 (8,1; 12,2)	10,2±1,79 (6,6; 13,8)	10,2±1,84 (7,7; 12,6)
Среднее значение суммарной накопленной ЭД (ЧОКЦО и ЯМ+ЦМСЧ №71), мЗв*			
> 1 КТ	23,2±1,94 (19,4; 27,0)	22,3±2,63 (17,1; 27,6)	23,9±2,82 (18,3; 29,6)

*для лиц с доступной информацией о дозе

КТ пациентов на дату окончания наблюдения не зафиксировано случаев вновь возникших ЗНО.

Диагноз злокачественного новообразования (ЗНО) у обследованных был установлен в 219 случаях (88,3% от всех обследованных), в 23 случаях причиной обследования на КТ являлись доброкачественные опухоли (9,3%) и неонкологическая патология (2,4%).

Информация о стадии ЗНО была доступна в 140 случаях (56% от общего количества обследованных). Доля диагнозов, установленных на 1 стадии заболевания, составила 8,1%. Среднее время от момента первого обследования пациента на КТ до момента окончания наблюдения (для живых) составило 5 лет (от 2,9 до 10 лет). Для умерших средний период дожития *t* составил 2,2 года (от 0 до 7 лет). Среднее значение периода наблюдения для пациентов варьировало в зависимости от стадии процесса.

Результаты сравнительного анализа влияния факторов риска.

В качестве эффекта воздействия исследуемого фактора анализировалась смертность от ЗНО. Для анализа связи изучаемых признаков и эффекта были выделены радиационные факторы – частота диагностического облучения (количество КТ в год), наличие в анамнезе профессионального радиационного воздействия (персонал ПО «Маяк»), и факторы нерадиационной природы – пол, возраст, стадия ЗНО и наличие предшествующих диагнозов ЗНО. Результаты сравнительного пофакторного анализа, а также комбинаций исследуемых факторов представлены в таблице №3.

Результаты сравнения показали статистически значимое влияние возраста старше 60 лет на смертность от онкологической патологии в

группе населения. Среди персонала ПО «Маяк» влияние возраста не было статистически значимым. Наличие более одного диагноза ЗНО на момент начала наблюдения и влияние поздней стадии обнаружения онкологического заболевания также повышало риск развития летального исхода, что согласуется с результатами исследования [8]. При этом у пациентов, неоднократно подвергавшихся облучению, связанному с КТ-диагностикой (как в группе персонала, так и в группе населения), частота наступления эффекта (смерти от ЗНО) статистически значимо не различалась.

Обсуждение.

Проведённый анализ показал, что среди исследованной группы онкологических пациентов увеличение суммарной (накопленной) эффективной дозы при неоднократных обследованиях на КТ на величину порядка 20 мЗв не приводит к статистически значимому увеличению риска смертности от ЗНО ни в группе персонала радиационно-опасных производств, ни в группе населения, проживающего на близлежащей территории. Исходя из этого, можно предположить, что влияние малых доз диагностического облучения при онкологических заболеваниях является фактором, недостаточным для изменения уровня онкологической смертности. Однако наличие в сравниваемых группах таких неучтённых факторов, как характер и тяжесть патологии, проведение лучевой и химиотерапии, а также отсутствие референтной группы сравнения (не облученных на КТ онкологических пациентов) могут служить доводом против сделанного предположения. В то же время, существующая в настоящее время линейная беспороговая концепция предполагает наличие риска при сколь угодно малых дозах

Таблица №3. Исследуемые факторы риска и оценка статистической значимости.

Фактор	n*	n, %	m*	m, %	ОР (ДИ 95%)	p
Население	179	72,2	66	36,9	-	-
Возраст > 60 лет	85	47,5	39	59,1	1,6 (1,1–2,4)	0,01
2 и более ЗНО	16	8,9	10	15,2	1,8 (1,2–2,8)	0,003
Стадия ЗНО > 2	132	73,7	42	63,6	0,6 (0,4–0,9)	0,02
Количество КТ > 1	151	84,4	51	77,3	1,2 (0,8–1,7)	0,29
Персонал	69	27,8	24	26,7	-	-
Возраст > 60 лет	31	55,4	16	13,3	1,0 (0,6–1,6)	0,5
2 и более ЗНО	7	10,1	6	25,0	3,0 (1,8–4,8)	0,006
Количество КТ > 1	54	78,3	18	75,0	0,9 (0,5–1,5)	0,46

*n – число обследованных, m – число умерших от ЗНО

облучения [9]. Поскольку в настоящее время линейная беспороговая концепция продолжает использоваться для целей нормирования, для обеспечения рекомендаций Международной комиссией по радиологической защите необходимо следовать принципам обоснования, эффективности и оптимизации при медицинском диагностическом облучении пациентов, обеспечивая практическое применение принципа разумного ограничения дозы облучения, особенно в случае обследования пациентов детского возраста [10, 11, 12].

В аналогичном исследовании населения, обследованного на КТ в г. Озёрск за аналогичный период, сообщается, что доля умерших от всех причин составила 12,1%, что в 3 раза ниже показателя, полученного в настоящем исследовании для группы онкологических пациентов [3]. Средний возраст смерти для женщин в настоящем исследовании, включающем более 80% пациентов с онкологическими заболеваниями, составляет 60,5 лет, что значительно ниже аналогичного показателя для женщин в приводимом для сравнения исследовании – 72,3 года. Это свидетельствует о том, что онкологическая патология остаётся одним из значимых факторов, влияющих на сокращение продолжительности жизни и потерю человеческих жизней, что подтверждает актуальность научных исследований по данному направлению, и требует проведения мероприятий по вторичной профилактике рака и усиления дальнейшего диспансерного наблюдения пациентов у онколога (в том числе с целью выявления первично-множественных ЗНО).

Необходимо отметить, что отсутствие единой централизованной системы регистрации КТ-исследований при широкой доступности коммерческих услуг медицинской визуализации может приводить к недоучёту дозы облучения

пациентов, а также к повторным (необоснованным) исследованиям, увеличивающим дозовую нагрузку на пациента и дополнительные материальные и временные затраты со стороны стационаров и клиник, имеющих отделения КТ.

Заключение.

В проведённом исследовании выявлена связь факторов различной природы и смертности от злокачественных новообразований среди жителей ЗАТО г. Озёрск, обследованных на компьютерном томографе по клиническим показаниям, связанным с диагностикой онкологической патологии. Влияние радиационного фактора – неоднократных обследований на КТ – статистически не значимо изменяло уровень смертности в исследованной группе, как среди персонала, так и среди населения. Результаты исследования предоставляют дополнительную информацию, необходимую для проведения многофакторного эпидемиологического анализа с целью оценки риска воздействия малых доз облучения непромышленного характера у персонала предприятий ядерно-промышленного комплекса и населения, проживающего на прилегающей территории. Проведение исследования с увеличенным объёмом выборки, учётом дополнительных факторов и расширенным периодом наблюдения позволит подтвердить или опровергнуть полученные результаты.

Благодарность.

Авторы статьи выражают благодарность директору ЮУриБФ, к.м.н. Сергею Анатольевичу Романову и заведующему отделом эпидемиологии ЮУриБФ, д.м.н. Сокольникову Михаилу Эдуардовичу за оказанное содействие в осуществлении взаимодействия между ЮУриБФ и ЧОКЦО и ЯМ.

Конфликт интересов.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы:

1. Preston D.L. et al. *Solid Cancer Incidence in Atomic Bomb Survivors: 1958–1998. Radiation Research.* 2007; 168 (1): 1–64.
2. Лебедев Н.И., Осипов М.В., Бабинцева Н.А., Сinyaк Е.В., Фомин Е.П. Регистр пациентов, проходящих КТ – обследования в отделении лучевой диагностики ЦМСЧ-71 г. Озёрск. *Russian Electronic Journal of Radiology.* 2017; 7 (2): 110-116. DOI:10.21569/2222-7415-2017-7-2-110-116.
3. Осипов М.В., Сокольников М.Э., Фомин Е.П. Перспективы использования медико-дозиметрического регистра компьютерной томографии для оценки вклада медицинского диагностического облучения в радиогенный риск. *Вопросы радиационной безопасности.* 2018; 89 (1): 67-73.
4. 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. DOI:10.21569/2222-7415-2016-6-2-72-79.
5. Bray F., Colombet M., Mery L., et al. *Cancer Incidence in Five Continents, Vol. XI. Lyon: International Agency for Research on Cancer.* Available at: <http://ci5.iarc.fr>, (accessed 12.1.2018).
6. Кошурникова Н.А., Шильникова Н.С., Окатенко П.В. и др. Характеристика когорты рабочих атомного предприятия ПО «Маяк». *Медицинская радиология и радиационная безопасность.* 1998; 43 (6): 43-57.

References:

1. Preston D.L. et al. *Solid Cancer Incidence in Atomic Bomb Survivors: 1958–1998. Radiation Research.* 2007; 168 (1): 1–64.
2. 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 of Ozersk. *Russian Electronic Journal of Radiology.* 2017; 7 (2): 110-116. DOI: 10.21569 / 2222-7415-2017-7-2-110-116 (in Russian).
3. Osipov M.V., Sokolnikov M.E, Fomin E.P. Prospects for using the medical dosimetric register of computed tomography to assess the contribution of medical diagnostic radiation to radiogenic risk. *Issues of Radiation Safety.* 2018; 89 (1): 67-73 (in Russian).
4. Osipov M.V., Sokolnikov M.E. The contribution of medical exposure to the cancerogenic risk among “Mayak” personnel. *Russian Electronic Journal of Radiology.* 2016; 5 (2): 47 – 51. DOI:10.21569/2222-7415-2016-6-2-72-79 (in Russian).
5. Bray F., Colombet M., Mery L., et al. *Cancer Incidence in Five Continents, Vol. XI. Lyon: International Agency for Research on Cancer.* Available at: <http://ci5.iarc.fr>, (accessed 12.1.2018).
6. Koshurnikova N.A., Shilnikova N.S., Okatenko P.V. et al. A description of the cohort of workers at the Mayak atomic enter-

7. Abramson, J.H. WINPEPI updated: computer programs for epidemiologists, and their teaching potential. *Epidemiologic Perspectives & Innovations.* 2011; 8:1
8. Осипов М.В., Сокольников М.Э. Предшествующее злокачественное новообразование как фактор риска второго рака в когорте работников предприятия ядерно-промышленного комплекса. *Российский онкологический журнал.* 2016; 21 (4): 190-194. DOI: 10.18821/1028-9984-2016-21-4-190-194.
9. ICRP, 2007. *Radiological Protection in Medicine. ICRP Publication 105. Ann. ICRP 37 (6).*
10. *The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Ann. ICRP. 2007; 37: 2-4.*
11. Shah NB, Platt SL. ALARA: is there a cause for alarm? Reducing radiation risks from computed tomography scanning in children. *Curr. Opin. Pediatr.* 2008;20(3):243-47.
12. Фомин Е.П., Осипов М.В., Бабинцева Н.А., Сinyaк Е.В. Результаты наблюдения за пациентами, обследованными на КТ и МСКТ в детском и подростковом возрасте. *Российский электронный журнал лучевой диагностики.* 2018; 8 (1): 137-144. DOI:10.21569/2222-7415-2018-8-1-137-144.

- prise. *Medical Radiology and Radiation Safety.* 1998; 43 (6): 43-57 (in Russian).
7. Abramson, J.H. WINPEPI updated: computer programs for epidemiologists, and their teaching potential. *Epidemiologic Perspectives & Innovations.* 2011; 8:1.
8. Osipov M.V., Sokolnikov M.E. Prior malignancy as a risk factor of the second cancer in a cohort of nuclear industry personnel. *Russian Journal of Oncology.* 2016; 16 (4): 190-194 (in Russian).
9. ICRP, 2007. *Radiological Protection in Medicine. ICRP Publication 105. Ann. ICRP 37 (6).*
10. *The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Ann. ICRP. 2007; 37: 2-4.*
11. Shah NB, Platt SL. ALARA: is there a cause for alarm? Reducing radiation risks from computed tomography scanning in children. *Curr. Opin. Pediatr.* 2008; 20 (3): 243-47.
12. Fomin E.P., Osipov M.V., Babintseva N.A., Sinyak E.V. Results of follow-up on patients examined using CT and MSCT in childhood and adolescence. *REJR.* 2018; 8 (1): 137-144. DOI:10.21569/2222-7415-2018-8-1-137-144 (in Russian).