

Анализ влияния медико-демографических показателей российской популяции на значения радиационного риска по модели МКРЗ

Косарлукова Е.А., Репин Л.В., Библин А.М., Ахматдинов Рустам Р.

Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева, Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

Основной величиной, используемой для контроля уровней облучения населения и персонала радиационных объектов, является индивидуальная эффективная доза. Указанный показатель позволяет учитывать различия в радиочувствительности отдельных органов и тканей, за счет использования соответствующих взвешивающих тканевых множителей, рекомендованных МКРЗ и рассчитанных с использованием медико-демографических показателей двух искусственно сформированных популяций — «евро-американской» и «азиатской». Значения относительного вреда, рассчитанные на основании полученных оценок риска, послужили основой для установления рекомендованных значений взвешивающих множителей для органов и тканей. Между тем, использование эффективной дозы в качестве меры риска при неравномерном облучении в конкретных популяциях ставит вопрос о целесообразности использования при ее расчете альтернативных значений взвешивающих множителей для органов и тканей, позволяющих более математически строго учесть различия в их относительной радиочувствительности. Цель исследования: оценка того, обеспечивают ли рекомендованные значения коэффициентов номинального риска и взвешивающих множителей для органов и тканей сопоставимый уровень безопасности для российской популяции по сравнению с тем, который обеспечивается для номинальной популяции МКРЗ. Материалы и методы: Оценка радиационного риска развития онкологических заболеваний проведена с использованием российских медико-демографических данных за период с 1993 по 2022 гг. по модели межпопуляционного переноса радиационного риска Публикации 152 МКРЗ. Результаты исследования и обсуждение: Результаты расчета показывают, что оценки риска в российской популяции для большинства органов и тканей постепенно увеличиваются для мужчин на протяжении 30 лет, при этом, за исключением риска развития рака щитовидной железы у женщин, не превосходят аналогичных значений, использованных при установлении значений взвешивающих множителей. Заключение. Применяемая в настоящее время система показателей риска и пределов дозы обеспечивает достаточный уровень защиты российской популяции и не требует изменения до пересмотра международных подходов к обеспечению радиационной защиты.

Ключевые слова: злокачественные новообразования, эффективная доза, коэффициенты радиационного риска, номинальная популяция, радиационный ущерб, популяционный риск.

Введение

Применение эффективной дозы в качестве меры радиационного риска для здоровья предполагает использование двух наборов величин: линейных коэффициентов радиационного ущерба (в НРБ-99/2009 – коэффициенты радиационного риска) для различных половозрастных групп населения и взвешивающих множителей для органов и тканей, позволяющих учитывать различия в относительной радиочувствительности органов, тканей и систем организма при экспозиции одинаковой органной дозой.

Международная комиссия по радиологической защите (МКРЗ) в Публикации 103 [1] рекомендовала к использованию в системе радиационной защиты линейные коэффициенты радиационного ущерба для двух различных по половозрастному составу групп («все население» и «лица трудоспособного возраста») и единый набор взвешивающих множителей для органов и тканей, не зависящих от пола и возраста облученных лиц.

Подобный подход представляется оправданным для целей контроля уровней облучения населения и персонала радиационных объектов в условиях их нормальной эксплуатации. Математическая строгость расчета всех указанных коэффициентов и множителей принесена в жертву удобству и простоте методики, что кажется вполне оправданным при решении задач в диапазоне малых и очень малых доз облучения. Важно отметить также, что основное назначение разработанной МКРЗ методики – обоснование пределов доз облучения в системе радиационной защиты и сравнение рисков при неравномерной геометрии облучения, а значительное число неопределенностей, присущих методике, ограничивает сферу возможного применения оценок риска, полученных с ее использованием. Несмотря на данное обстоятельство эффективная доза оказалась настолько удобной величиной, что на практике стала применяться даже при решении задач, для которых она не была изначально предназначена.

Указанный метод позволяет произвести расчет риска развития радиационно-индуцированных злокачественных ново-

Репин Леонид Викторович

Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева

Адрес для переписки: 197101, Россия, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8; E mail: leonid_repin@mail.ru

образований (ЗНО) в зависимости от пола и возраста облученного лица, дозы облучения и достигнутого возраста. Расчет осуществляется по моделям абсолютного и относительного риска, после чего полученные оценки взвешиваются между собой. Далее, на основании полученных значений для лиц конкретного пола и возраста на момент облучения, можно рассчитать значения различных показателей пожизненного радиационного риска, после чего рассчитать популяционные риски, учитывающие вклад лиц различного пола и возраста в ту или иную половозрастную группу населения. Отметим, что МКРЗ произвела расчеты коэффициентов риска и тканевых взвешивающих множителей для искусственно сформированной популяции, так называемой «номинальной популяции», путем усреднения результатов расчетов, полученных для «азиатской» и «евро-американской» популяций [2]. Именно расчеты для номинальной популяции МКРЗ легли в основу современной системы радиационной защиты. При этом методика МКРЗ для межпопуляционного переноса радиационного риска позволяет производить собственные расчеты с использованием данных реально существующих («национальных») популяций [3–5]. С учетом большого числа неопределенностей, присущих такому методу, результаты подобных расчетов не следует воспринимать как основу для прогнозной оценки рисков в диапазоне малых доз облучения, однако результаты подобных оценок уместно использовать при решении задач по реализации принципов обоснования и оптимизации радиационной защиты как более математически строгие по сравнению с использованием данных номинальной популяции. В рамках настоящего исследования были использованы российские медико-демографические данные за период 30 лет (с 1993 по 2022 гг.) при выполнении оценки риска по методике МКРЗ.

Цель исследования заключалась в оценке того, обеспечивает ли современная система радиационной защиты сопоставимый уровень безопасности для российской популяции по сравнению с тем, который обеспечивается для номинальной популяции МКРЗ.

Материалы и методы

За основу расчета взята методика, изложенная в Публикации 152 МКРЗ [2]. Однако вместо приведенных в приложении А названной публикации медико-демографических данных азиатской и евро-американской популяций МКРЗ были использованы данные об уровнях половозрастной онкологической заболеваемости [6–22], половозрастной онкологической и общей смертности [6–22; 25] и половозрастном составе населения Российской Федерации [23–24] за период с 1993 по 2022 гг.

На первом этапе работы была проанализирована половозрастная структура населения Российской Федерации в указанные годы, так как более высокая радиочувствительность детей и женщин по сравнению со взрослыми и мужчинами [1] способна оказывать влияние на значение популяционных рисков в различных по составу группах населения. На рисунке 1 наглядно показаны различия в возрастной структуре российского населения в 1993 и 2008 гг. (рис. 1а), а также в 2008 и 2022 гг. (рис. 1б). Указанными различиями был обусловлен выбор календарных периодов для расчета значений риска. Расчет осуществлялся с использованием данных за 1993, 2000, 2008, 2015 и 2022 гг.

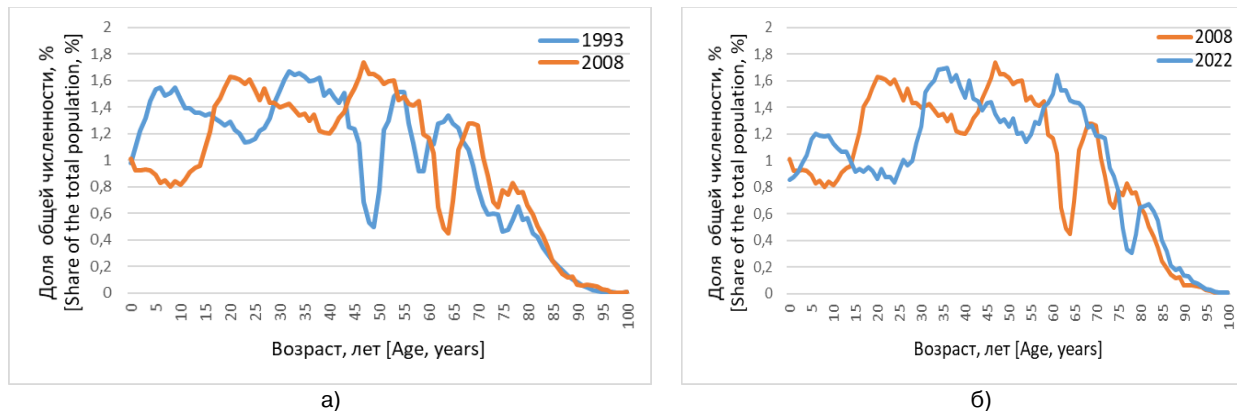


Рис. 1. Сравнение вклада различных возрастных групп в общую численность населения Российской Федерации в 1993 и 2008 гг. (а); в 2008 и 2022 гг. (б), %

[Fig. 1. Comparison of the contribution of different age groups to the total population of the Russian Federation in 1993 and 2008 (a); in 2008 and 2022 (b), %]

В рамках настоящей работы были рассчитаны значения $REIC_c$ ¹ в соответствии с разделом 3.1.3.3 Публикации 152 МКРЗ для следующих органов/тканей/систем организма: пищевода, желудка, ободочной кишки, печени, легких, молочной железы и яичников у женщин, мочевого пузыря, щитовидной железы,

ЗНО лимфатической и кроветворной систем, а также для группы «другие солидные ЗНО» без выделения отдельных органов и тканей.

Расчет осуществлялся по моделям относительного (ERR^2) и абсолютного (EAR^3) риска.

¹ REIC – Risk of Exposure-Induced Cancer (англ. риск развития ЗНО, вызванного облучением).

² ERR – excessive relative risk (англ. избыточный относительный риск).

³ EAR – excessive absolute risk (англ. избыточный абсолютный риск).

Расчет производился при значении органной дозы гамма-излучения 0,1 Гр⁴. Оценка производилась раздельно для мужского и женского населения. Популяционный риск рассчитан для группы «все население» и учитывает половозрастную структуру населения в конкретный календарный год. При этом к оценкам риска применялось значение коэффициента DDREF⁵, равное 2.

Результаты и обсуждение

Результаты расчета коэффициентов популяционного риска развития ЗНО для мужчин и женщин российской популяции за период с 1993 по 2022 гг. представлены в таблице. Для сравнения приводятся значения коэффициентов номинального риска, представленные в Публикации 103 МКРЗ.

Из данных, представленных в таблице, видно, что значения риска в российской популяции для мужского населения по всем органам, тканям и системам организма на протяжении 30 лет оставались существенно ниже аналогичных значений для номинальной популяции МКРЗ лишь по некоторым органам (щитовидная железа и группа «другие солидные ЗНО»), постепенно приближаясь к соответствующим значениям для номинальной популяции. Причина этого, по-види-

мому, заключается в сравнительно невысокой средней продолжительности жизни мужчин в российской популяции, которая начала увеличиваться в последние годы.

В то же время значения радиационного риска развития рака щитовидной железы для женской части российской популяции в последние 15 лет несколько превысили значения, рассчитанные МКРЗ для номинальной популяции. Однако для остальных органов, тканей и систем организма значения риска в российской популяции для женщин по-прежнему остаются существенно ниже значений риска для номинальной популяции. При этом, в отличие от мужской части населения, значения радиационных рисков для женщин по большинству органов и тканей менялись незначительно, за исключением раков щитовидной железы.

Анализируя представленные результаты, важно учитывать возможное влияние различий в половозрастном составе российской популяции по сравнению с номинальной популяцией МКРЗ. Для этого был изучен половозрастной состав мужского и женского населения Российской Федерации за весь рассматриваемый период, а также половозрастной состав номинальной популяции МКРЗ в целом и отдельно для азиатской и евро-американской популяций МКРЗ.

Таблица

Риск развития радиационно-индуцированных ЗНО в органе/ткани на 1 Гр органной дозы, случаев на 10 000 чел.

[Table

The risk of radiation-induced malignant neoplasms in the organ/tissue per 1 Gy organ dose, expressed as cases per 10,000 individuals]

Орган/ткань	Пищевод [Oesophagus]	Желудок [Stomach]	Ободочная кишка [Colon]	Печень [Liver]	Легкое [Lung]	Молочная железа [Feemate Breast]	Яичник [Ovary]	Мочевой пузырь [Bladder]	Щитовидная железа [Thyroid]	Другие солидные [Other solid]	Лейкемии [Leukaemias]	Сумма [Summ]
Мужчины [Males]												
МКРЗ [ICRP]	15	68	91	41	76			46	12	157	48	554
Российская популяция [Russian population]	1993	6	31	25	13	28		10	3	65	27	207
	2000	7	38	37	17	44		19	4	88	34	287
	2008	8	36	41	17	44		20	6	99	35	306
	2015	9	39	50	20	50		25	7	125	38	365
	2022	8	38	54	21	48		25	10	127	39	371
Женщины [Females]												
МКРЗ [ICRP]	16	91	40	19	153	224	21	41	53	131	36	825
Российская популяция [Russian population]	1993	9	71	23	11	75	17	17	33	104	21	552
	2000	8	63	23	9	72	17	17	47	102	21	532
	2008	8	59	24	9	75	17	18	51	105	21	534
	2015	8	60	26	9	82	17	21	64	117	22	582
	2022	9	57	26	9	83	17	21	78	116	21	590

⁴ Указанное значение дозы выбрано как верхняя граница диапазона малых доз облучения. С учетом того, что результаты расчета приводятся в пересчете на 1 Гр, указанный факт влияет только на оценку риска для заболеваний лимфатической и кроветворной ткани, а также на суммарный риск при равномерном облучении, т.к. модели для солидных раков линейны по отношению к дозе облучения.

⁵ DDREF – Dose and Dose Rate Effectiveness Factor (англ. фактор эффективности дозы и мощности дозы). Указанный коэффициент применяется к оценкам риска в диапазоне малых доз и/или малых мощностей дозы и фактически означает снижение риска по сравнению с расчетным. Указанный эффект снижения риска не наблюдается в некоторых исследованиях, тогда как в других исследованиях его значение находится в диапазоне от 1 до 10. В соответствии с рекомендациями Публикации 103 МКРЗ в настоящей работе принято значение DDREF равное 2.

На рисунках 2 и 3 представлены некоторые результаты сравнения возрастного состава мужского и женского населения российской популяции с азиатской, евро-американской и усредненной номинальной популяцией МКРЗ. Для удобства зрительного восприятия данные по российской популяции представлены в среднем за первую и вторую половины 35-летнего периода (рис. 2), а также в среднем за все 35 лет с 1990 по 2024 гг (рис. 3). Для наглядности представлены как наиболее близкие по возрастному составу субпопуляции, так и наиболее отличающиеся. В целом можно сказать, что возрастной состав как мужского, так и женского населения в российской популяции достаточно близок к возрастному составу евро-американской популяции МКРЗ. Хотя во второй половине

35-летнего периода наметилось снижение доли детского населения как среди мужчин, так и среди женщин российской популяции по сравнению с евро-американской популяцией. Указанное различие составляет порядка 15 %. Однако азиатская популяция МКРЗ демонстрирует существенно более высокую долю детского населения как среди женщин (рис. 3), так и среди мужчин. Причем указанное различие возрастает со временем. С учетом более высокой радиочувствительности детского населения по сравнению со взрослыми для большинства органов и тканей, указанная ситуация потенциально может привести к возрастанию значений радиационного риска в российской популяции в случае улучшения демографической ситуации и роста доли детского населения.

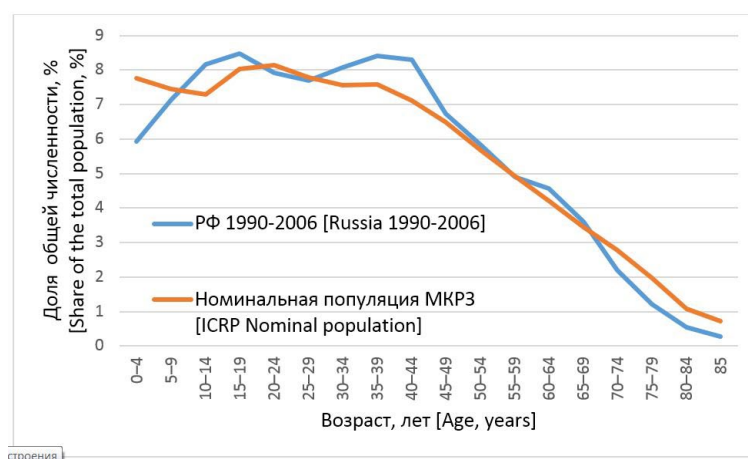


Рис. 2. Возрастной состав мужского населения в российской популяции за период с 1990 по 2006 гг. в сравнении с номинальной популяцией МКРЗ

[Fig. 2. Age distribution of the male population in the Russian cohort during 1990–2006 compared to the ICRP reference population]

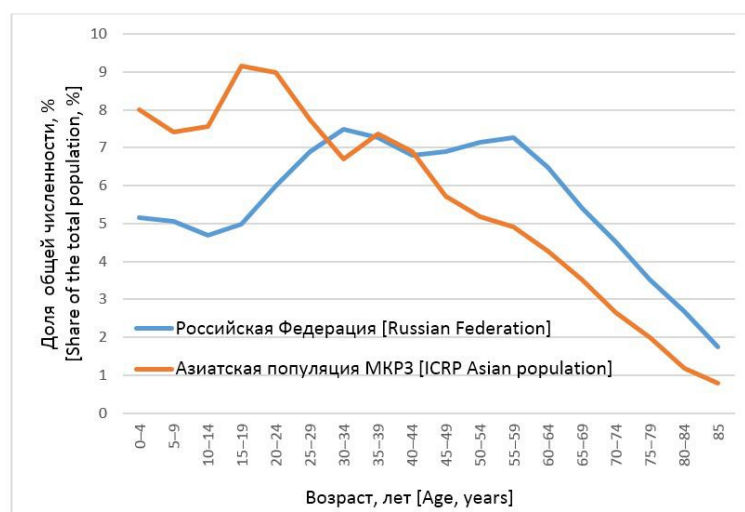


Рис. 3. Возрастной состав женского населения в российской популяции за период с 2007 по 2024 гг. в сравнении с азиатской популяцией МКРЗ

[Fig. 3. Age distribution of the female population in the Russian cohort during 2007–2024 compared to the ICRP Asian population]

Заключение

1. Использование коэффициентов риска и взвешивающих множителей для органов и тканей, рассчитанных с использованием медико-демографических данных конкретных популяций, позволяет более математически строго учитывать различие в радиочувствительности между популяциями и воздействие радиации на состояние здоровья на национальном уровне для решения задач сравнительного анализа рисков в условиях воздействия малых доз при различных ситуациях и сценариях облучения.

2. Значения популяционного риска развития радиационно-индуцированных ЗНО, рассчитанные для российской популяции с использованием медико-демографических данных за 1993–2022 гг. по модели МКРЗ для межпопуляционного переноса радиационного риска, не превосходят аналогичные значения для номинальной популяции МКРЗ за весь указанный период для подавляющего большинства органов и тканей.

3. Единственным исключением является риск развития рака щитовидной железы у женщин. Указанный риск, рассчитанный по данным по Российской Федерации за 2022 г., в 1,5 раза выше, чем для номинальной популяции МКРЗ. Однако в период с 1993 по 2021 гг. указанная разница в оценках не превышает 1,2 раза. При этом значения тканевого множителя для щитовидной железы, определенные МКРЗ, в 1,3 раза превосходят расчетное значение коэффициента относительной радиочувствительности. В связи с этим, описанные различия не оказывают существенного влияния на эффективную дозу и на уровень радиационной защиты населения.

4. Действующая система радиационной защиты, основанная на использовании коэффициентов риска, рекомендованных МКРЗ, обеспечивает достаточный уровень защиты и не требует перерасчета с использованием данных российской популяции.

Сведения о личном вкладе авторов в работу над статьей

Косарлукова Е.А. провела сбор, анализ и подготовку медико-демографических данных для расчетов, подготовила промежуточный вариант рукописи.

Репин Л.В. разработал дизайн исследования, определил цели и задачи, осуществил расчеты, редактировал промежуточный вариант рукописи.

Библин А.М. редактировал промежуточный вариант рукописи, подготовил окончательный вариант рукописи.

Ахматдинов Рустам Р. редактировал промежуточный вариант рукописи.

Информация о конфликте интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Сведения об источнике финансирования

Статья подготовлена в рамках выполнения НИР «Разработка и научное обоснование прикладных методов оценки радиационных рисков для здоровья населения при различных ситуациях и сценариях облучения на основе современных подходов к оценке радиационного ущерба».

Литература

1. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103 // Annals of the ICRP. 2007. Vol. 37, No 2-4. 332 p.
2. Radiation detriment calculation methodology. ICRP Publication 152 // Annals of the ICRP. 2022. Vol. 51, No 3. 103 p.
3. Горский А.И., Чекин С.Ю., Максютлов М.А. и др. Эффект переноса моделей радиационного риска МКРЗ на популяцию РФ // Радиация и риск (Бюллетень Национального радиационно-эпидемиологического регистра). 2019. Т. 28, №. 4. С. 5-15. DOI: 10.21870/0131-3878-2019-28-4-5-15.
4. Губин А.Т., Редько В.И., Сакович В.А. Влияние демографических особенностей популяции на оценки коэффициентов радиогенного риска на примере российского населения // Радиационная гигиена. 2016. Т. 9, № 4. С. 26-36. DOI: 10.21514/1998-426X-2016-9-4-26-36.
5. Репин Л.В., Николаевич М.С. Оценка приемлемости использования тканевых весовых коэффициентов МКРЗ при вычислении эффективной дозы для отдельных половозрастных групп населения Российской Федерации // Радиационная гигиена. 2013. Т. 6, № 1. С. 38-44.
6. Петрова Г.В., Каприн А.Д., Грецова О.П., Старинский В.В. Злокачественные новообразования в России: обзор статистической информации за 1993–2013 гг. / под ред. А.Д. Каприна, В.В. Старинского. М.: МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ «НМИРЦ» Минздрава России, 2015. 511 с.
7. Злокачественные новообразования в России в 2007 году (заболеваемость и смертность) / под ред. В.И. Чиссова, В.В. Старинского, Г.В. Петровой. М.: ФГУ «МНИОИ им. П.А. Герцена Росмедтехнологий», 2009. 244 с.
8. Злокачественные новообразования в России в 2008 году (заболеваемость и смертность) / под ред. В.И. Чиссова, В.В. Старинского, Г.В. Петровой. М.: ФГУ «МНИОИ им. П.А. Герцена Росмедтехнологий», 2010. 256 с.
9. Злокачественные новообразования в России в 2009 году (заболеваемость и смертность) / под ред. В.И. Чиссова, В.В. Старинского, Г.В. Петровой. М.: ФГУ «МНИОИ им. П.А. Герцена Минздравсоцразвития России», 2011. 260 с.
10. Злокачественные новообразования в России в 2010 году (заболеваемость и смертность) / под ред. В.И. Чиссова, В.В. Старинского, Г.В. Петровой. М.: ФГБУ «МНИОИ им. П.А. Герцена» Минздравсоцразвития России, 2012. 260 с.
11. Злокачественные новообразования в России в 2011 году (заболеваемость и смертность) / под ред. В.И. Чиссова, В.В. Старинского, Г.В. Петровой. М.: ФГБУ «МНИОИ им. П.А. Герцена» Минздрава России, 2013. 289 с.
12. Злокачественные новообразования в России в 2012 году (заболеваемость и смертность) / под ред. А.Д. Каприна, В.В. Старинского, Г.В. Петровой. М.: ФГБУ «МНИОИ им. П.А. Герцена» Минздрава России, 2014. 250 с.
13. Злокачественные новообразования в России в 2013 году (заболеваемость и смертность) / под ред. А.Д. Каприна, В.В. Старинского, Г.В. Петровой. М.: МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ «ФМИЦ им. П.А. Герцена» Минздрава России, 2015. 250 с.

14. Злокачественные новообразования в России в 2014 году (заболеваемость и смертность) / под ред. А.Д. Каприна, В.В. Старинского, Г.В. Петровой. М.: МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, 2016. 250 с.
15. Злокачественные новообразования в России в 2015 году (заболеваемость и смертность) / под ред. А.Д. Каприна, В.В. Старинского, Г.В. Петровой. М.: МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, 2017. 250 с.
16. Злокачественные новообразования в России в 2016 году (заболеваемость и смертность) / под ред. А.Д. Каприна, В.В. Старинского, Г.В. Петровой. М.: МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, 2018. 250 с.
17. Злокачественные новообразования в России в 2017 году (заболеваемость и смертность). / под ред. А.Д. Каприна, В.В. Старинского, Г.В. Петровой. М.: МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, 2018. 250 с.
18. Злокачественные новообразования в России в 2018 году (заболеваемость и смертность) / под ред. А.Д. Каприна, В.В. Старинского, Г.В. Петровой. М.: МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, 2019. 250 с.
19. Злокачественные новообразования в России в 2019 году (заболеваемость и смертность) / под ред. А.Д. Каприна, В.В. Старинского, А.О. Шахзадовой. М.: МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, 2020. 252 с.
20. Злокачественные новообразования в России в 2020 году (заболеваемость и смертность). / под ред. А.Д. Каприна, В.В. Старинского, А.О. Шахзадовой. М.: МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, 2021. 252 с.
21. Злокачественные новообразования в России в 2021 году (заболеваемость и смертность). / под ред. А.Д. Каприна, В.В. Старинского, А.О. Шахзадовой. М.: МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, 2022. 252 с.
22. Злокачественные новообразования в России в 2022 году (заболеваемость и смертность) / под ред. А.Д. Каприна и др. М.: МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, 2023. 275 с.
23. Федеральная служба государственной статистики. Численность населения мужчин Российской Федерации по полу и возрасту. URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/31548> (дата обращения: 09.04.2025).
24. Федеральная служба государственной статистики. Численность населения женщин Российской Федерации по полу и возрасту. URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/33459> (дата обращения: 09.04.2025).
25. Федеральная служба государственной статистики. Демографический ежегодник России. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13207> (дата обращения: 09.04.2025).

Поступила: 10.04.2025

Косарлукова Елена Алексеевна – исполняющая обязанности младшего научного сотрудника информационно-аналитического центра Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

ORCID: 0009-0007-6476-9571

Репин Леонид Викторович – младший научный сотрудник информационно-аналитического центра Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. **Адрес для переписки:** 197101, Россия, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8; E-mail: leonid_repin@mail.ru

ORCID: 0000-0002-4857-6792

Библин Артем Михайлович – руководитель информационно-аналитического центра, старший научный сотрудник Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

ORCID: 0000-0002-3139-2479

Ахматдинов Рустам Расимович – ведущий инженер-исследователь информационно-аналитического центра Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

ORCID: 0000-0002-4151-5380

Для цитирования: Косарлукова Е.А., Репин Л.В., Библин А.М., Ахматдинов Р.Р. Анализ влияния медико-демографических показателей российской популяции на значения радиационного риска по модели МКРЗ // Радиационная гигиена. 2025. Т. 18, № 2. С. 29–36. DOI: 10.21514/1998-426X-2025-18-2-29-36

Analysis of the impact of medical and demographic indicators of the Russian population on radiation risk estimates based on the ICRP model

Elena A. Kosarlukova, Leonid V. Repin, Artem M. Biblin, Rustam R. Akhmatdinov

Saint Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Saint Petersburg, Russia

The primary quantity used for monitoring exposure levels of the general population and personnel at radiation facilities is the individual effective dose. This metric accounts for variations in the radiosensitivity of specific organs and tissues by employing corresponding tissue weighting factors recommended by the ICRP. These factors were derived based on medico-demographic data from two artificially constructed populations: "Euro-American" and "Asian." Estimates of relative harm, calculated from risk assessments, served as the basis for establishing the recommended values of tissue weighting factors for organs and tissues. However, the use of effective dose as a risk measure in cases of non-uniform exposure within specific populations raises questions about the appropriateness of applying alternative tissue weighting factors in its calculation to more rigorously account for differences in relative radiosensitivity. The study aims to assess whether the recommended values of nominal risk coefficients and weighting factors for organs and tissues provide a comparable level of safety for the Russian population compared to that provided for the ICRP nominal population. Materials and Methods: The assessment of radiation-induced cancer risk was conducted using Russian medico-demographic data from 1993 to 2022, applying the interpopulation radiation risk transfer model from ICRP Publication 152. Results and Discussion: The calculations indicate that risk estimates for most organs and tissues in the Russian population have gradually increased for males over the 30-year period. However, with the exception of thyroid cancer risk in females, these estimates do not exceed the corresponding values used to establish the tissue weighting factors. Conclusion: The current system of risk indicators and dose limits provides an adequate level of protection for the Russian population and does not require revision until international approaches to radiation protection are updated.

Key words: malignant neoplasms, effective dose, radiation risk coefficients, nominal population, radiation detriment, population risk.

Authors' personal contribution

Kosarlukova E.A. conducted the collection, analysis, and preparation of medical-demographic data for the calculations and prepared the preliminary manuscript draft.

Repin L.V. developed the study design, defined the research objectives and tasks, performed the calculations, and edited the preliminary manuscript draft.

Biblin A.M. edited the preliminary manuscript draft and prepared the final manuscript version

Akhmatdinov Rustam R. edited the preliminary manuscript draft.

Conflict of interests

Authors declare the absence of conflict of interest.

Sources of funding

The study was not supported by sponsorship. The study was performed within framework of research project "Development and scientific justification of applied methods for assessment of radiation risks to public health under different situations and exposure scenarios based on modern approaches to radiation detriment assessment".

References

1. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. *Annals of the ICRP*. 2007;37(2-4): 332.
2. Radiation detriment calculation methodology. ICRP Publication 152. *Annals of the ICRP*. 2022;51(3).
3. Gorski AI, Chekin SYu, Maksimov MA, Menyailo AN, Korelo AM, Tumanov KA, et al. Transfer of ICRP models of radiation risk to the population of the Russian Federation. *Radiation and Risk*. 2019;28(4): 5-15. (In Russian). DOI: 10.21870/0131-3878-2019-28-4-5-15.
4. Gubin AT, Redko VI, Sakovich VA. The impact of the demographic characteristics of the population on estimates of the coefficients of radiogenic risk in the Russian population. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2016;9(4): 2636. (In Russian). DOI: 10.21514/1998-426X-2016-9-4-26-36.
5. Repin LV, Nikolaevich MS. Acceptability evaluation for using ICRP tissue weighting factors to calculate effective dose value for separate gender-age groups of Russian Federation. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2013;6(1): 38-44. (In Russian).
6. Petrova GV, Kaprin AD, Gretsova OP, Starinsky VV. Malignant neoplasms in Russia. Review of statistical information for 1993–2013. Moscow: P. Hertsen MORI –branch of the FSBI NMRRC of the Ministry of Health of Russia. 2015; 510 p. (In Russian).
7. Malignant neoplasms in Russia in 2007 (incidence and mortality). Ed. VI Chissov, VV Starinsky, GV Petrova. Moscow: Federal State Institution "P.A. Hertsen Moscow Medical Research Institute of Medical Technology of the Russian Federation"; 2009, 244 p. (In Russian).
8. Malignant neoplasms in Russia in 2008 (morbidity and mortality). Ed. by VI Chissov, VV Starinsky, GV Petrova. Moscow: FGU "P.A. Hertsen MNIOI Rosmedtechnologii"; 2010. 256 p. (In Russian).
9. Malignant neoplasms in Russia in 2009 (morbidity and mortality). Ed. by VI Chissov, VV Starinsky, GV Petrova.

Leonid V. Repin

Saint Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev

Address for correspondence: Mira Str., 8, Saint Petersburg, 197101, Russia; E-mail: l.repin@niirg.ru

- Moscow: FGU "P.A. Hertsen MNIOL of the Ministry of Health and Social Development of Russia"; 2011. 260 p. (In Russian).
10. Malignant neoplasms in Russia in 2010 (morbidity and mortality). Ed. by VI Chissov, VV Starinsky, GV Petrova. Moscow: FGBU "P.A. Hertsen MNIOL" Ministry of Health and Social Development of Russia; 2012. 260 p. (In Russian).
 11. Malignant neoplasms in Russia in 2011 (morbidity and mortality). Ed. by VI Chissov, VV Starinsky, GV Petrova. Moscow: FGBU "P.A. Hertsen MNIOL" of the Ministry of Health of Russia; 2013. 289 p. (In Russian).
 12. Malignant neoplasms in Russia in 2012 (morbidity and mortality). Ed. by AD Kaprin, VV Starinsky, GV Petrova. Moscow: FGBU "P.A. Hertsen MNIOL" of the Ministry of Health of Russia; 2014. 250 p. (In Russian).
 13. Malignant neoplasms in Russia in 2013 (morbidity and mortality). Ed. by AD Kaprin, VV Starinsky, GV Petrova. Moscow: P.A. Hertsen MNIOL – branch of FGBU "P.A. Hertsen FMIC" of the Ministry of Health of Russia; 2015. 250 p. (In Russian).
 14. Malignant neoplasms in Russia in 2014 (morbidity and mortality). Ed. by AD Kaprin, VV Starinsky, GV Petrova. Moscow: P.A. Hertsen MNIOL – branch of FGBU "NMIRC" of the Ministry of Health of Russia; 2016. 250 p. (In Russian).
 15. Malignant neoplasms in Russia in 2015 (morbidity and mortality). Ed. by AD Kaprin, VV Starinsky, GV Petrova. Moscow: P.A. Hertsen MNIOL – branch of FGBU "NMIRC" of the Ministry of Health of Russia; 2017. 250 p. (In Russian).
 16. Malignant neoplasms in Russia in 2016 (morbidity and mortality). Ed. by AD Kaprin, VV Starinsky, GV Petrova. Moscow: P.A. Hertsen MNIOL – branch of FGBU "NMRC Radiology" of the Ministry of Health of Russia; 2018. 250 p. (In Russian).
 17. Malignant neoplasms in Russia in 2017 (morbidity and mortality). Ed. by AD Kaprin, VV Starinsky, GV Petrova. Moscow: P.A. Hertsen MNIOL – branch of FGBU "NMRC Radiology" of the Ministry of Health of Russia; 2018. 250 p. (In Russian).
 18. Malignant neoplasms in Russia in 2018 (morbidity and mortality). Ed. by AD Kaprin, VV Starinsky, GV Petrova. Moscow: P.A. Hertsen MNIOL – branch of FGBU "NMRC Radiology" of the Ministry of Health of Russia; 2019. 250 p. (In Russian).
 19. Malignant neoplasms in Russia in 2019 (morbidity and mortality). Ed. by AD Kaprin, VV Starinsky, AO Shakhzadova. Moscow: P.A. Hertsen MNIOL – branch of FGBU "NMRC Radiology" of the Ministry of Health of Russia; 2020. 252 p. (In Russian).
 20. Malignant neoplasms in Russia in 2020 (morbidity and mortality). Ed. by AD Kaprin, VV Starinsky, AO Shakhzadova. Moscow: P.A. Hertsen MNIOL – branch of FGBU "NMRC Radiology" of the Ministry of Health of Russia; 2021. 252 p. (In Russian).
 21. Malignant neoplasms in Russia in 2021 (morbidity and mortality). Ed. by AD Kaprin, VV Starinsky, AO Shakhzadova. Moscow: P.A. Hertsen MNIOL – branch of FGBU "NMRC Radiology" of the Ministry of Health of Russia; 2022. 252 p. (In Russian).
 22. Malignant neoplasms in Russia in 2022 (morbidity and mortality). Ed. by AD Kaprin et al. Moscow: P.A. Hertsen MNIOL – branch of FGBU "NMRC Radiology" of the Ministry of Health of Russia; 2023. 275 p. (In Russian).
 23. Federal State Statistics Service. Population of men of the Russian Federation by sex and age. Available from: <https://www.fedstat.ru/indicator/31548> [Accessed 09 April 2025].
 24. Federal State Statistics Service. Population of women of the Russian Federation by sex and age. Available from: <https://www.fedstat.ru/indicator/33459> [Accessed 09 April 2025].
 25. Federal State Statistics Service. Demographic Yearbook of Russia. Available from: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13207> [Accessed 09 April 2025].

Received: April 10, 2025

Elena A. Kosarlukova – Acting Junior Researcher, Information Analytical Center, Saint Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Saint Petersburg, Russia

ORCID: 0009-0007-6476-9571

For correspondence: Leonid V. Repin – Junior Researcher, Information Analytical Center, Saint Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing (Mira Str., 8, Saint Petersburg, 197101, Russia; E-mail: l.repin@niirg.ru)

ORCID: 0000-0002-4857-6792

Artem M. Biblin – Head of Information Analytical Center, Saint Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Saint Petersburg, Russia

ORCID: 0000-0002-3139-2479

Rustam R. Akhmatdinov – Engineer-Researcher, Information Analytical Center, Saint Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Saint Petersburg, Russia

ORCID: 0000-0002-4151-5380

For citation: Kosarlukova E.A., Repin L.V., Biblin A.M., Akhmatdinov R.R. Analysis of the impact of medical and demographic indicators of the Russian population on radiation risk estimates based on the ICRP model. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2025. Vol. 18, No 2. P. 29–36. (In Russian). DOI: 10.21514/1998-426X-2025-18-2-29-36