

Оценка приемлемости использования тканевых весовых коэффициентов МКРЗ при вычислении эффективной дозы для отдельных половозрастных групп населения Российской Федерации

Л.В. Репин, М.С. Николаевич

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

В статье приводятся коэффициенты радиационного риска для нескольких половозрастных групп населения, рассчитанные по российским статистическим и медико-демографическим данным; вычислены коэффициенты летальности отдельных нозологических форм злокачественных новообразований (ЗНО) на основании данных российских онкологических регистров по методике Международного агентства по исследованию рака; вычислены коэффициенты относительного вреда для исследуемых половозрастных групп. Проведено сравнение тканевых весовых коэффициентов, рекомендованных МКРЗ для вычисления эффективной дозы, с коэффициентами относительного вреда, приведенными МКРЗ для номинальной популяции, и аналогичными коэффициентами, рассчитанными авторами для отдельных когорт населения Российской Федерации. Оценена значимость различий и целесообразность использования адаптированных для российской популяции тканевых весовых коэффициентов при вычислении эффективной дозы для когорт населения с различным половозрастным составом.

Ключевые слова: коэффициенты радиационного риска, коэффициенты летальности, коэффициенты относительного вреда, злокачественные новообразования, половозрастные группы.

Введение

В радиационной защите для управления радиационными рисками от воздействия малых доз ионизирующих излучений (ИИ) на здоровье персонала и населения предлагается использовать две величины – номинальный коэффициент ущерба (риска с учетом вреда) и эффективную дозу. В действующих нормах радиационной безопасности (НРБ–99/2009) утверждены коэффициенты риска для двух групп людей (номинальных популяций) – все население и персонал («лица рабочих возрастов»), которые различаются по половозрастному составу.

Эффективная доза, вычисляемая с использованием тканевых весовых коэффициентов, учитывает относительный вклад в суммарный ущерб здоровью популяции таких радиологических последствий облучения, как онкологические заболевания и наследственные эффекты.

Значение номинального коэффициента риска позволяет дать количественную оценку коллективного радиационного риска от воздействия малых доз ИИ на группу людей путем умножения его на коллективную эффективную дозу. Следует отметить, что этот способ не дает возможности оценить индивидуальные риски. Однако и при оценке коллективных рисков использование данного подхода ограничено решением отдельных задач в области радиационной защиты.

Известно, что при воздействии средних и больших доз ИИ на людей пожизненные радиационные риски у детей выше, чем у взрослых, а у женщин выше, чем у мужчин [8]. Такие же предположения перенесены и в область малых доз. Использование коэффициентов риска в прогнозных целях не рекомендовано, так как они дают лишь грубое представление о возможном риске для групп людей большой численности, причем половозрастной состав и медико-демографические показатели этих групп должны

быть близки к тем, которые служили основой расчета указанных коэффициентов.

Существуют, однако, ситуации облучения, характерные для групп людей, половозрастной состав которых сильно отличается от состава номинальных популяций. Главным образом это относится к медицинскому облучению, которому подвергаются группы пациентов определенного пола и возраста [1]. В этом случае для оценки риска представляется очевидной необходимость расчета коэффициентов риска, соответствующих половозрастному составу рассматриваемых групп пациентов. Одновременно с этим при неравномерном облучении, которое характерно для большинства медицинских радиологических процедур, не столь очевидной представляется корректность применения эффективной дозы в отношении названных групп пациентов.

Тканевые весовые коэффициенты рассчитаны для искусственной номинальной популяции. Ее состав получен путем усреднения медико-демографических данных и структуры населения различных стран. Относительный вклад различных заболеваний в общий ущерб может существенно отличаться для лиц различного пола и возраста (рис.).

Несмотря на отсутствие пределов доз для пациентов при медицинском облучении, оценка радиационных рисков весьма востребована, поскольку позволяет решать задачи обоснования дозовой нагрузки на пациентов без ущерба качеству диагностики и лечения. Кроме того, информация о сопутствующих медицинскому облучению рисках должна предоставляться пациентам. В этом случае методики оценки могут носить упрощенный характер, но не приводить к существенному искажению значения риска.

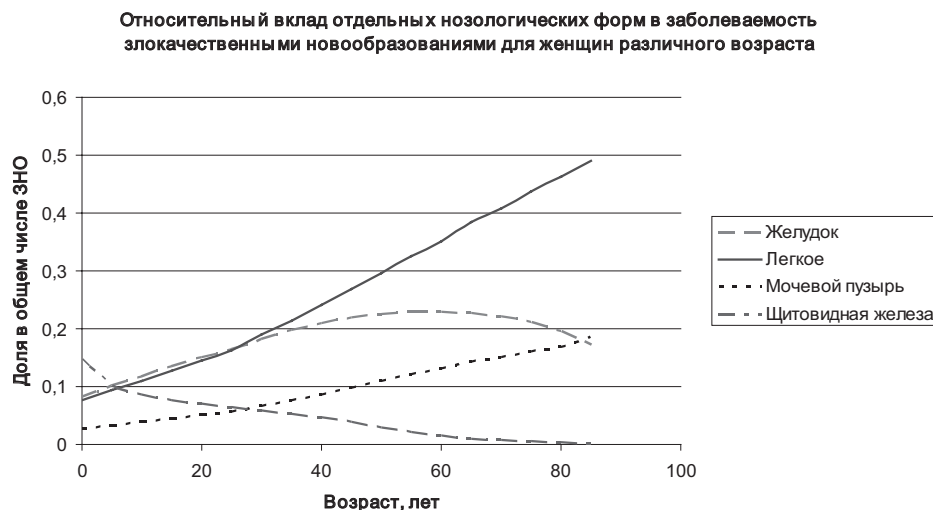


Рис. Относительный вклад отдельных нозологических форм в заболеваемость злокачественными новообразованиями для женщин различного возраста

Функционирование единой государственной системы контроля индивидуальных доз включает накопление информации об эффективных дозах медицинского облучения, вычисляемых с использованием тканевых весовых коэффициентов МКРЗ, что может приводить к искажению сделанных на основе этих данных оценок риска.

Таким образом, актуальной задачей является ответ на вопрос о корректности использования эффективной дозы для оценки суммарного ущерба здоровью группе лиц, половозрастной состав которой существенно отличается от половозрастного состава популяции в целом.

Цель исследования – оценка оправданности использования тканевых весовых коэффициентов, отличных от коэффициентов, рекомендованных МКРЗ, при решении задач управления рисками в ситуациях облучения различных по половозрастному составу групп населения российской популяции.

Материалы и методы

Для проведения расчетов и последующего анализа полученных результатов были использованы следующие материалы:

- данные центральной базы статистических данных ЦБСД Росстата о половозрастном составе населения РФ и по возрастных коэффициентах общей смертности;
- данные приложений к Вестнику Российского онкологического научного центра (РОНЦ) им. Н.Н. Блохина «Статистика злокачественных новообразований в России и странах СНГ» под редакцией академика РАН и РАМН М.И. Давыдова, д.б.н. Е.М. Аксель;
- данные справочников «Злокачественные новообразования в России (заболеваемость и смертность)» под редакцией В.И. Чиссова, В.В. Старинского и Г.В. Петровой;
- данные Публикации 103 Международной комиссии по радиологической защите (МКРЗ);

– данные справочников «Cancer Incidence in Five Continents» Международного агентства по исследованию рака Всемирной организации здравоохранения;

– данные отчета научного комитета ООН по действию атомной радиации (НКАР ООН), посвященных оценке радиационных рисков [3].

При расчетах использованы аддитивная и мультипликативная модели переноса оценок риска из отчета НКАР ООН за 2006 г., а также методика МКРЗ (Публикация 103) расчета тканевых весовых коэффициентов и выбора взвешенной оценки при переносе оценок риска по аддитивным и мультипликативным моделям [8].

Все расчеты по данным российской популяции произведены с использованием вычислительных алгоритмов и программного кода, разработанных авторами.

Результаты и обсуждение

Вычисление коэффициентов риска

Оценки риска с использованием эффективной дозы и номинальных коэффициентов допустимы исключительно для групп людей большой численности и не носят индивидуального характера [2]. Номинальные коэффициенты, представленные в 103 публикации МКРЗ (табл. А.4.1), рассчитаны для двух когорт из номинальной популяции¹: «все население» и «лица работающих возрастов (18–64 лет)». В данном исследовании для сравнения была выбрана российская популяция за 2008 г., а выбор когорт основывался на следующих положениях:

1. Оценки риска для женщин в среднем выше, чем для мужчин, а для детей выше, чем для взрослых [2].
2. Выбранная когорта не должна быть слишком узкой по возрастному составу ради искусственного получения наибольших различий итоговых коэффициентов.
3. При выборе когорты предполагается возможность существования ситуаций облучения, характерных именно для данной когорты.

¹ Оценки риска, сделанные Комиссией, следует считать номинальными, так как они относятся к облучению номинальной популяции мужчин и женщин с типовым возрастным распределением и получены, исходя из усреднения по возрастным группам и обоим полам (МКРЗ 103).

Таким образом, для сравнения с когортами номинальной популяции были выбраны следующие когорты российской популяции:

А. Все население (мужчины и женщины от 0 лет и старше).

Б. Женщины трудоспособного возраста (от 18 до 55 лет).

В. Дети школьного возраста (мальчики и девочки от 7 до 17 лет включительно).

Г. Девочки от 0 до 4 лет.

Ситуации облучения, которым, в частности, могут подвергаться когорта Б – это медицинское облучение по поводу рака молочной железы у женщин, а когорты В – плановые профилактические медицинские осмотры в школах, включающие флюорографические исследования.

В рамках данной работы не предполагалось изучать риски на примере конкретных медицинских радиологических процедур. Они упомянуты лишь в целях обоснования выбора когорты для сравнения. Когорта Г выбрана исключительно в целях демонстрации возможных различий как группа, наиболее подверженная радиационному риску.

В качестве моделей переноса оценок риска на российскую популяцию были выбраны модели НКДАР ООН, опубликованные в 2008 г., которые отличаются от моделей МКРЗ, не описанных комиссией в явном виде, однако представленных в 103 публикации в 2007 г. МКРЗ рекомендует использовать в качестве значения минимального латентного периода для солидных ЗНО значение 10 лет,

тогда как НКДАР ООН для своих моделей предлагает использовать значение 5 лет. Кроме того, локализации, для которых проводится оценка риска возникновения ЗНО, несколько отличаются в публикациях МКРЗ и НКДАР ООН. Так, помимо 10 общих для обеих моделей органов и тканей, МКРЗ включает в свои оценки риск ЗНО яичников, а НКДАР ООН предлагает модель для ЗНО головного мозга и центральной нервной системы. По этой причине оценки для группы «Другие солидные ЗНО» не вполне сопоставимы.

Оценки проводились по аддитивной и мультипликативной моделям переноса и усреднялись по правилам, описанным в 103 публикации МКРЗ (Приложение А. Рамка текста А.1) [8]. Результаты вычислений коэффициентов риска возникновения радиационно-индуцированных солидных ЗНО представлены в таблице 1.

Оценки риска, приведенные в таблице 1 для российской популяции, вычислены для тестовой дозы⁶ 0,01 Гр с использованием коэффициента эффективности дозы и мощности дозы DDREF=2 для обеспечения сопоставимости оценок относительного вреда в дальнейшем.

Методика вычисления коэффициентов риска подробно описана в Приложении 2 методических указаний МУ 2.1.10.3014 – 12 «Оценка радиационного риска у населения за счет длительного равномерного техногенного облучения в малых дозах» [7].

Таблица 1

Коэффициенты риска возникновения радиационно-индуцированных солидных ЗНО (случаев на 10 000 человек на 3в)

Орган или ткань	МКРЗ			Российская Федерация		
	Все население	Лица работающих возрастов	Все население	Женщины, 18–55 лет	Дети, 7–17 лет	Девочки, 0–4 лет
Пищевод	15	16	4,9	3,2	6,2	3,4
Желудок	79	60	59,3	74,6	77,2	69,5
Ободочная кишка	65	50	37,1	37,0	80,5	122,9
Печень	30	21	14,5	19,2	16,4	15,7
Легкое	114	127	65,6	95,0	71,2	75,9
Кость ²	7	5	0,3	0,1	0,4	3,8
Кожа ²	1000	670	1,8	1,5	4,9	8,4
Молочная железа ³	112	49	61,2	113,2	128,5	276
Мочевой пузырь	43	42	23,4	16,0	24,8	16,9
Щитовидная железа	33	9	26,7	21,7	57	183,2
Головной мозг и ЦНС	—	—	6,3	34,5	10,7	28,5
Яичник	11	7	—	—	—	—
Другие солидные ⁴	144	88	71,1	22,0	172,4	236,2
Всего ⁵	646	469	369,9	471,4	644,6	1028

² Оценки МКРЗ приведены с учетом замечания в пункте (А 113) раздела А.4.4 приложения А к 103-й публикации МКРЗ [8].

³ Оценки для группы «Все население» распространяются на лиц обоих полов, что приводит приблизительно к двукратному уменьшению величины риска по сравнению с той, которая относилась бы только к женщинам.

⁴ Оценки для группы «Другие солидные ЗНО» не вполне сопоставимы, поскольку оценка МКРЗ не включает вероятность возникновения ЗНО яичника, а оценки по моделям НКДАР ООН не включают ЗНО головного мозга и центральной нервной системы, однако вклад названных органов в общую сумму довольно незначителен, что позволяет сравнивать эти величины с учетом данной оговорки.

⁵ В данную сумму не включены оценки риска возникновения ЗНО для поверхности кости и новообразований кожи по причинам, указанным в первом примечании.

⁶ Методика НКДАР ООН [3] позволяет вычислять оценки риска на единицу дозы для различных диапазонов доз. В данной работе использованы оценки на уровне 10 мГр, однако и оценки на уровне доз порядка 0,1 Гр не влияют на выводы, сделанные в работе, сколько-нибудь существенным образом.

На оценки риска, как приведенные в публикациях МКРЗ, так и выполненные для любых конкретных популяций, оказывает влияние ряд неопределенностей. Это и неопределенности в оценке доз, и неопределенности, связанные с использованием линейной беспороговой гипотезы в области малых доз (в частности – неопределенность значения коэффициента эффективности дозы и мощности дозы), и неопределенности при переносе оценок риска с когорты лиц, переживших ядерную бомбардировку в Хиросиме и Нагасаки, на иные популяции и некоторые другие. Все названные неопределенности относятся и к оценкам риска, сделанным в рамках настоящего исследования.

Вычисление коэффициентов ущерба

В популяционных масштабах не все ЗНО равнозначны по значению вреда. ЗНО различной локализации могут отличаться по среднему количеству потерянных лет здоровой жизни, показателям летальности, болевым ощущениям, неудобствам, связанным с лечением, и др. Поэтому общее количество радиационно-индуцированных ЗНО не вполне адекватно отражает степень влияния радиационного фактора на здоровье популяции. В 103 публикации МКРЗ описана методика, позволяющая привести различные возможные последствия облучения к единообразной количественной оценке с учетом степени тяжести данных последствий. Величина, служащая универсальной оценкой, называется ущербом или риском с учетом вреда.

При вычислении оценки ущерба учитываются показатели летальности и относительной потери времени жизни по причине возникновения ЗНО. Показатели летальности для большинства нозологических форм ЗНО в РФ не очень существенно отличаются от использованных МКРЗ, как и показатели относительной потери времени жизни. Однако некоторые отличия весьма значительны (табл. 2).

Важно отметить, что итоговая оценка ущерба МКРЗ не является строго арифметической в отношении вклада некоторых органов [8]. Поэтому оценки для ЗНО поверхности кости и ЗНО кожи по данным российской популяции приведены только в качестве дополнительной информации (см. [8] п. (А 113)). В расчетах ущерба по этим тканям в настоящей работе использованы оценки МКРЗ. Кроме того, российские онкологические регистры не позволяют рассчитать коэффициенты относительной потери времени жизни без рака для некоторых органов. В этом случае также использованы оценки МКРЗ.

Величина ущерба R_D вычисляется по формуле:

$$R_D = R \times q + R \times (1-q) \times ((1-q_{\min}) \times q + q_{\min}) \quad (1)$$

где R – коэффициент риска, q – доля летальности данной нозологической формы ЗНО, а $q_{\min}$ – минимальный вес для несмертельных раков. Величина $q_{\min}$ принята равной 0,1 для всех ЗНО, за исключением ЗНО кожи ($q_{\min} = 0$) и ЗНО щитовидной железы ($q_{\min} = 0,2$).

Рассчитанные таким образом значения риска с учетом вреда приведены в таблице 3.

Таблица 2

Коэффициенты летальности и относительной потери времени жизни без рака по данным МКРЗ и российских раковых регистров

Орган или ткань	Летальность		Относительная потеря времени жизни без рака ⁷					
	МКРЗ	РФ	МКРЗ			Российская популяция		
			Все население	Лица рабочих возрастов	Все население	Женщины, 18–55 лет	Дети, 7–17 лет	Девочки, 0–4 лет
Пищевод	0,93	0,91	0,87	0,91	1,32	1,27	1,38	1,31
Желудок	0,83	0,87	0,88	0,89	1,14	1,23	1,17	1,06
Ободочная кишка	0,48	0,7	0,97	1,13	1,10	1,13	1,09	1,04
Печень	0,95	>1 ⁸	0,88	0,93	0,90	0,95	0,88	0,76
Легкое	0,89	0,88	0,80	0,96	0,87	0,93	0,85	0,73
Кость ⁹	0,45	0,63	1	1	9,62	2,67	4,71	9,09
Кожа ¹⁰	0,002	0,04	1	1	0,91	0,85	0,85	0,83
Молочная железа	0,29	0,49	1,29	1,2	1,34	1,17	1,39	1,3
Мочевой пузырь	0,29	0,6	0,71	0,85	0,77	0,85	0,73	0,66
Щитовидная железа	0,07	0,18	1,29	1,19	2,30	2,1	2,24	1,97
Головной мозг и ЦНС	—	—	—	—	1,69	1,59	1,69	1,70
Яичник	0,57	0,61	1,12	1,16	—	—	—	—
Другие солидные ¹⁰	0,49	0,64	1,03	0,97	1,09	1,04	1,06	1,1

⁷ Данный коэффициент вычисляется как отношение среднего количества потерянных лет жизни без рака, посчитанного для конкретного ЗНО, к среднему значению для всех ЗНО.

⁸ Использовалось значение величины Mortality/Incidence Ratio [4] (величины отношения Смертность/Инцидентность). Данный показатель для ЗНО печени в Российской Федерации превосходит единицу, что связано со спецификой прижизненной и посмертной диагностики данного заболевания. В расчетах ущерба использовано значение 0,95.

⁹ См. сноску 3.

¹⁰ См. сноску 5.

Таблица 3

Коэффициенты риска с учетом вреда, рассчитанные МКРЗ в сравнении с аналогичными показателями, вычисленными по данным российской популяции (случаев на 10 000 человек на 3в)

Орган или ткань	МКРЗ						Российская популяция					
	Все население			Лица рабочих возрастов			Все население			Женщины, 18–55 лет	Дети, 7–17 лет	Девочки, 0–4 лет
	Оба пола	Муж	Жен	Оба пола	Муж	Жен	Оба пола	Муж	Жен			
Пищевод	13,1	13,0	13,9	14,5	12,7	14,5	6,4	9,4	3,7	4,0	8,4	4,4
Желудок	67,8	58,3	78,0	52,0	44,2	60,7	66,6	60,1	72,1	90,3	89,0	72,5
Ободочная кишка	48,0	66,8	29,4	42,8	62,4	28,2	37,5	33,0	41,2	38,4	80,6	117,4
Печень	26,6	36,0	16,7	19,5	28,8	14,8	13,0	10,6	15,1	18,2	14,4	11,9
Легкое	90,4	60,1	121,1	120,6	79,8	76,0	56,3	37,9	72,2	87,2	59,7	54,7
Костная поверхность ¹¹	5,1	5,1	5,1	3,6	3,6	3,6	5,1	5,1	5,1	3,6	5,1	5,1
Кожа ¹²	4,0	4,0	4,0	2,7	2,7	2,7	4,0	4,0	4,0	2,7	4,0	4,0
Молочная железа	79,0	—	157,9	32,1	—	76,0	62,8	—	116,9	101,4	136,7	274,8
Яичник	9,9	—	19,6	6,8	—	15,5	9,9	—	19,6	14,4	19,6	37,3
Мочевой пузырь	16,8	17,8	15,9	19,5	18,6	18,1	15,4	18,2	13,0	15,8	15,5	9,5
Щитовидная железа	12,9	4,8	21,1	3,3	1,5	7,3	28,4	10,1	44,1	33,4	58,9	166,7
Костный мозг (красный)	61,6	70,6	52,9	24,3	25,3	23,2	61,6	70,6	52,9	23,2	52,9	73,5
Другие солидные ¹²	113,4	—	103,3	65,4	69,8	65,4	68,5	62,7	73,4	62,1	161,4	229,5
Гонады	25,4	25,4	25,4	15,3	15,3	15,3	25,4	25,4	25,4	15,3	30,5	45,8
Головной мозг и ЦНС	—	—	—	—	—	—	10,5	10,4	10,7	8,9	18,0	43,8
Всего:	574	486	664	422	365	511	471	358	570	522	755	1156

Расчет показателей относительного вреда

Показатели относительного вреда $D_{R,T}$ для ткани Т были рассчитаны двумя способами. В первом случае – как отношение значения вреда D_T данного органа, ткани или системы к суммарному значению риска с учетом вреда при равномерном облучении:

$$D_{R,T} = \frac{D_T}{\sum_T D_T} \quad (2)$$

Однако некоторые тканевые весовые коэффициенты МКРЗ установлены экспертно, без проведения соответствующих оценок риска и последующей оценки вреда (слюнные железы, головной мозг, остальные органы). По этой причине относительная доля для данных органов, тканей или систем T' была зафиксирована со значениями $W_{T'}$, установленными МКРЗ, а для остальных органов показатели относительного вреда были оценены с учетом фиксированного вклада названных органов:

$$D_{RF,T} = \frac{\left(1 - \sum_{T'} W_{T'}\right) \times D_T}{\sum_{T-T'} D_T} \quad (3)$$

¹¹ См. сноску 3.

¹² См. сноску 5.

Сравнение рассчитанных таким образом (табл. 4) показателей относительного вреда не выявило расхождений более чем на 15 %, поэтому результаты второго расчета в работе не приводятся, т.к. подобное различие не является существенным, с учетом допущений МКРЗ о допустимом отклонении тканевых весовых коэффициентов от коэффициентов относительного вреда.

В таблице 4 приведены показатели относительного вреда, опубликованные МКРЗ, в сравнении с аналогичными показателями, рассчитанными для рассматриваемых когорт российской популяции. В среднем столбце приводятся тканевые весовые коэффициенты W_T , установленные МКРЗ в 103-й публикации.

Анализ полученных результатов

При анализе полученных результатов учитывались следующие положения ([2], А 157 – А162):

1) значения тканевых весовых коэффициентов МКРЗ были выбраны таким образом, чтобы они отклонялись не более чем в два раза от рассчитанных значений относительного вреда;

2) значения тканевых весовых коэффициентов были установлены одинаковыми для лиц обоих полов и любых возрастов;

Таблица 4

Показатели относительного вреда, рассчитанные МКРЗ, и аналогичные показатели, рассчитанные по данным российской популяции

Орган или ткань	МКРЗ							Российская популяция					
	Все население			Лица рабочих возрастов			W_T	Все население			Женщины, 18–55 лет	Дети, 7–17 лет	Девочки, 0–4 лет
	Оба пола	Муж	Жен	Оба пола	Муж	Жен		Оба пола	Муж	Жен			
Пищевод	0,023	0,027	0,021	0,034	0,035	0,028	0,04	0,013	0,026	0,007	0,008	0,011	0,004
Желудок	0,118	0,120	0,117	0,123	0,121	0,119	0,12	0,141	0,168	0,127	0,173	0,118	0,063
Ободочная кишка	0,084	0,137	0,044	0,101	0,171	0,055	0,12	0,079	0,092	0,072	0,074	0,107	0,102
Печень	0,046	0,074	0,025	0,046	0,079	0,029	0,04	0,028	0,030	0,027	0,035	0,019	0,010
Легкое	0,157	0,124	0,182	0,286	0,219	0,324	0,12	0,119	0,106	0,127	0,167	0,079	0,047
Костная поверхность ¹³	0,009	0,010	0,008	0,009	0,010	0,007	0,01	0,011	0,014	0,009	0,010	0,007	0,004
Кожа ¹⁴	0,007	0,008	0,006	0,006	0,007	0,005	0,01	0,008	0,011	0,007	0,008	0,005	0,003
Молочная железа	0,138	—	0,238	0,076	—	0,149	0,12	0,133	—	0,205	0,194	0,181	0,238
Яичник	0,017	—	0,030	0,016	—	0,030	—	0,021	—	0,034	0,028	0,026	0,032
Мочевой пузырь	0,029	0,037	0,024	0,046	0,051	0,035	0,04	0,033	0,051	0,023	0,030	0,020	0,008
Щитовидная железа	0,022	0,010	0,032	0,008	0,004	0,014	0,04	0,060	0,028	0,077	0,064	0,078	0,144
Костный мозг (красный)	0,107	0,145	0,080	0,057	0,069	0,045	0,12	0,131	0,197	0,093	0,045	0,070	0,064
Другие солидные ¹⁴	0,198	0,255	0,156	0,155	0,192	0,128	—	0,145	0,175	0,129	0,119	0,214	0,199
Гонады (наследственные эффекты)	0,044	0,052	0,038	0,036	0,042	0,030	0,08	0,054	0,071	0,045	0,029	0,040	0,040
Слюнные железы	—	—	—	—	—	—	0,01	—	—	—	—	—	—
Головной мозг и ЦНС	—	—	—	—	—	—	0,01	0,022	0,029	0,019	0,017	0,024	0,042
Остальные ткани	—	—	—	—	—	—	0,12	—	—	—	—	—	—

3) для некоторых органов, тканей или систем человеческого организма значения тканевых весовых коэффициентов были установлены экспертно в ущерб арифметической строгости и в пользу практического удобства использования.

Результаты расчетов, представленные в таблице 4, демонстрируют следующее:

1. Только оценки относительного вреда для ЗНО пищевода и ЗНО центральной нервной системы (ЦНС) и головного мозга, рассчитанные по российским данным для группы «Все население», отличаются от тканевых весовых коэффициентов МКРЗ более чем в два раза. При этом для ЗНО головного мозга и ЦНС значения тканевого весового коэффициента МКРЗ установлены экспертно без проведения оценки риска.

2. Для подгруппы «Мужчины» группы «Все население» только для ЗНО головного мозга и ЦНС показатель относительного вреда отличается от тканевого весового коэффициента более чем в два, но менее чем в три раза.

3. Для подгруппы «Женщины» показатель относительного вреда отличается более чем вдвое от тканевого весового коэффициента только для ЗНО пищевода.

4. При сравнении тканевых весовых коэффициентов с показателями относительного вреда для более узких когорт «Дети» и «Женщины 18–55 лет» отличия также представляются значимыми лишь для ЗНО пищевода, ЗНО головного мозга и ЦНС у детей.

5. Несмотря на существенное отличие значения относительного вреда ЗНО пищевода от тканевого весового коэффициента МКРЗ у большинства рассматриваемых

¹³ См. сноску 3.

¹⁴ См. сноску 5. Также отметим, что группы «Другие солидные» и «Остальные ткани» не являются идентичными.

подгрупп, суммарный относительный вред органов шейного, грудного и поясничного отделов (щитовидная железа, пищевод, желудок, легкие) для большинства когорт практически не отличается от суммы тканевых весовых коэффициентов названных органов. То есть отличие относительного вреда от тканевого весового коэффициента для ЗНО пищевода играет существенную роль только для таких сценариев облучения, при которых воздействию ионизирующего излучения из представленного списка органов подвергается исключительно пищевод.

6. Полученные результаты свидетельствуют о нецелесообразности применения тканевых весовых коэффициентов, отличных от коэффициентов, рекомендованных МКРЗ, для оценки радиационных рисков в различных половозрастных группах населения РФ.

Заключение

Использование моделей переноса оценок радиационных рисков на российскую популяцию позволяет вычислить коэффициенты относительного вреда для различных стохастических эффектов воздействия ионизирующего излучения на здоровье человека.

Для подавляющего большинства органов, тканей и систем организма эти коэффициенты не имеют значительного отличия от коэффициентов относительного вреда, использованных МКРЗ для определения тканевых весовых коэффициентов.

Наиболее существенное различие наблюдается для относительного вреда ЗНО щитовидной железы и ЗНО печени у мужчин, однако коэффициенты, вычисленные для российской популяции, отличаются от соответствующих тканевых весовых коэффициентов не более чем в 1,5 раза.

Наибольшее отличие коэффициента относительного вреда от тканевого весового коэффициента МКРЗ наблюдается для ЗНО пищевода у подгруппы «Женщины» из группы «Все население» для российской популяции. Эти

отличия не дают значительного искажения эффективной дозы для распространенных ситуаций облучения.

Таким образом, использование аналогов эффективной дозы для различных когорт российской популяции путем применения специально рассчитанных значений тканевых весовых коэффициентов не представляется оправданным.

Литература

1. Балонов, М.И. «Риск стохастических эффектов облучения вследствие рентгенологических исследований: зависимость от пола и возраста пациента» / М.И. Балонов [и др.] // Медицинская радиология и радиационная безопасность. – 2011. – Т. 56, № 4. – С. 71–79.
2. ICRP, 1991b. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60 // Annals of the ICRP 21 (1–3), 1990.
3. Effects of Ionizing Radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation Report to the General Assembly with Scientific Annexes: UNSCEAR, 2006. United Nations, New York, 2006.
4. Cancer Incidence in Five Continents Volume IX edited by M.P. Curado, B. Edwards, H.R. Shin, H. Storm, J. Ferlay, M. Heanue and P. Boyle. IARC Scientific Publications No. 160. International Agency for Research on Cancer. Lyon, France, 2007. – 961 p.
5. Давыдов, М. И. Смертность населения России и стран СНГ от злокачественных новообразований в 2008 г. / М.И. Давыдов, Е.М. Аксель // Вестник РОНЦ им. Н. Н. Блохина РАМН. – 2010. – Т. 21, № 2 (прил. 1).
6. Злокачественные новообразования в России в 2008 году (заболеваемость и смертность) / под ред. В.И. Чиссова, В.В. Старинского, Г.В. Петровой. – М.: МНИОИ им. П.А. Герцена Росмедтехнологий, 2010. – 256 с.
7. Методические указания. «Оценка радиационного риска у населения за счет длительного равномерного техногенного облучения в малых дозах»: (МУ 2.1.10.3014 – 12.). – М.: Федеральное бюджетное учреждение здравоохранения «Федеральный центр гигиены и эпидемиологии» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителя и благополучия человека, 2011. – 26 с.
8. ICRP Publication 103. Recommendations of the UCRP. Annals of the ICRP, v. 37/2-4, 2007.

L.V. Repin, M.S. Nikolaevich

Acceptability evaluation for using ICRP tissue weighting factors to calculate effective dose value for separate gender-age groups of Russian Federation

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

Abstract. An article describes radiation risk factors for several gender-age population groups according to Russian statistical and medical-demographic data, evaluates the lethality rate for separate nosologic forms of malignant neoplasms based on Russian cancer registries according to the method of the International Agency for Cancer Research. Relative damage factors are calculated for the gender-age groups under consideration. The tissue weighting factors recommended by ICRP to calculate effective doses are compared with relative damage factors calculated by ICRP for the nominal population and with similar factors calculated in this work for separate population cohorts in the Russian Federation. The significance of differences and the feasibility of using tissue weighting factors adapted for the Russian population in assessing population risks in cohorts of different gender-age compositions have been assessed.

Key words: radiation risk coefficients, mortality rates, relative damage coefficients, malignant neoplasms, gender-age groups.

Поступила: 04.03.2013 г.

Л.В. Репин
e-mail: l.repin@niirg.ru