

УДК 613.648.4: 314.422.2
DOI: 10.21668/health.risk/2024.2.08

Читать
онлайн



Научная статья

РИСК МЛАДЕНЧЕСКОЙ СМЕРТНОСТИ СРЕДИ ПОТОМКОВ РАБОТНИКОВ РАДИАЦИОННО-ОПАСНОГО ПРОИЗВОДСТВА

С.Ф. Соснина, П.В. Окатенко, М.Э. Сокольников

Южно-Уральский институт биофизики, Российская Федерация, 456783, г. Озёрск, Озёрское шоссе, 19

Младенческая смертность является индикатором уровня здравоохранения и социального благополучия общества и может служить ценным параметром при оценке последствий воздействия производственной среды на родителей для здоровья потомков.

Осуществлен анализ рисков младенческой смертности в когорте первого поколения потомков работников производственного объединения (ПО) «Маяк» – первого отечественного предприятия атомной отрасли.

Младенческая смертность и ее компоненты проанализированы в когорте детей ($n = 24\ 780$), родившихся в 1949–1973 гг., из них основную группу составили 14 435 потомков работников ПО «Маяк», группу сравнения – 10 345 детей необлученных родителей. Оценены частота и относительный риск ранней и поздней неонатальной, постнеонатальной и младенческой смертности с учетом пола потомков, календарного периода, нозологий, родительского возраста, категорий накопленных доз прекоцептивного (до зачатия) облучения родителей на производстве. Относительный риск рассчитан с 95%-ным доверительным интервалом.

Среди потомков необлученных родителей отмечена более высокая частота постнеонатальной смертности и младенческой смертности в целом. Инфекционная патология как причина смерти до года регистрировалась среди потомков работников ПО «Маяк» статистически значимо реже, чем в группе сравнения. Младенческая смертность в основной группе была ниже в категориях возраста родителей 21–25 и 31–35 лет и среди юных отцов. Высокий уровень младенческой смертности в некоторых категориях накопленных доз производственного прекоцептивного гамма-облучения был обусловлен вкладом инфекционных нозологий. Младенческая смертность вследствие злокачественных новообразований в основной группе требует дальнейшего эпидемиологического анализа.

Ретроспективный анализ продемонстрировал более высокие уровни младенческой смертности и ее компонентов среди детей необлученных родителей, что, возможно, объясняется «эффектом здорового рабочего» и социальным благополучием персонала ПО «Маяк».

Ключевые слова: *младенческая смертность, ранняя неонатальная смертность, поздняя неонатальная смертность, постнеонатальная смертность, радиационно-опасное производство, ПО «Маяк», потомки облученных, прекоцептивное облучение, гамма-излучение, доза на гонады.*

Медико-демографические показатели младенческой, детской и материнской смертности являются индикаторами здоровьесбережения населения и организации здравоохранения [1, 2]. Младенческая смертность рассматривается в качестве барометра социального благополучия общества, по уровню которой оценивается степень социально-экономического развития общества и качество жизни населения [3].

Многообразие факторов риска здоровью младенцев, в частности медико-биологических факторов, таких как акушерская и экстрагенитальная патология матерей, течение беременности и родов [4],

а также факторов, характеризующих социально-экономические условия населения [5, 6], широко представлено в публикациях. Вопросы отдаленных последствий воздействия на родителей различных техногенных факторов, включая радиацию, и связанный с ними риск мутагенных эффектов в зародышевых клетках тревожат научное сообщество в течение длительного времени [7, 8].

Особое внимание отведено радиационному воздействию как фактору, потенциально предрасполагающему к смертности в раннем возрасте. Так, существует обеспокоенность по поводу неблагоприятных исходов беременности и генетических забо-

© Соснина С.Ф., Окатенко П.В., Сокольников М.Э., 2024

Соснина Светлана Фаридовна – кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник лаборатории радиационной эпидемиологии (e-mail: sosnina@subi.su; тел.: 8 (351) 307-16-52; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1553-0963>).

Окатенко Павел Викторович – руководитель группы компьютерного и программного обеспечения лаборатории радиационной эпидемиологии (e-mail: okatenko@subi.su; тел.: 8 (351) 307-69-03; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8260-1808>).

Сокольников Михаил Эдуардович – доктор медицинских наук, заведующий отделом эпидемиологии (e-mail: sokolnikov@subi.su; тел.: 8 (351) 307-16-52; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9492-4316>).

леваний (трансгенерационных или наследственных эффектов), связанных с воздействием на население радиоактивных осадков [9]. В анализе долгосрочных тенденций уровня младенческой смертности в Соединенных Штатах и некоторых европейских странах (Франции, Великобритании, Испании, Германии и Италии) авторы предполагают, что испытания ядерного оружия в атмосфере могут быть причиной гибели нескольких миллионов младенцев в Северном полушарии [10]. Другие авторы указывают на рост перинатальных потерь в загрязненных префектурах после аварии на атомной электростанции Фукусима-Дайити в Японии в 2011 г. [11]. Между тем вопросы медицинских последствий для потомков после производственного контакта родителей с источниками ионизирующих излучений остаются предметом дискуссии [12].

Данная работа описывает ретроспективное когортное исследование смертности среди детского населения г. Озерска – закрытого административно-территориального образования (ЗАТО), расположенного вблизи первого отечественного предприятия атомной отрасли производственного объединения (ПО) «Маяк», функционирующего с 1948 г.

Цель исследования – анализ младенческой смертности и входящих в нее компонентов в когорте первого поколения потомков работников ПО «Маяк».

Материалы и методы. Источниками информации для исследования послужили следующие базы данных лаборатории радиационной эпидемиологии ЮУрИБФ: Регистр персонала ПО «Маяк»¹, Детский регистр населения ЗАТО г. Озерск², Регистр причин смерти населения г. Озерска [13] и Регистр здоровья детского населения г. Озерска [14]. Сведения о преконцептивных (до зачатия) профессиональных дозах внешнего гамма-облучения гонад получены из базы данных «Дозиметрическая система работников Маяка 2013» [15].

Группы детей для ретроспективного исследования формировались следующим образом. В основную группу вошли дети работников ПО «Маяк», рожденные в г. Озерске в 1949–1973 гг. – 14 580 потомков (51,7 % мальчиков – 7543, 48,3 % девочек – 7037), из них живорожденных потомков – 14 435 детей (51,7 % мальчиков – 7457; 48,3 % девочек – 6978).

Детский Регистр ЗАТО г. Озерск содержит информацию о 43 680 детях 1949–1973 гг. рождения, из них 35 149 детей родились в городе. После включения 14 580 потомков работников ПО «Маяк» в

основную группу проведена проверка среди оставшихся 20 569 детей на предмет прекоцептивного облучения родителей (профессиональное облучение до зачатия ребенка, в том числе среди строителей, военных; ликвидаторов радиационных аварий; переселенцев с территорий, подвергшихся радиоактивному загрязнению). Группа сравнения состояла в итоге из 10 427 детей от необлученных родителей, рожденных в ЗАТО в 1949–1973 гг.: 50,8 % мальчиков – 5301; 49,2 % девочек – 5126, из них живорожденных потомков – 10 345 детей (50,8 % мальчиков – 5260; 49,2 % девочек – 5085).

Сопоставимость групп достигнута фактом рождения детей в г. Озерске в едином периоде наблюдения, что предполагает отсутствие различий в климатогеографических условиях проживания и одинаковое качество медицинского обслуживания населения ЗАТО.

Причины смерти учитывались согласно «Международной статистической классификации болезней и проблем, связанных со здоровьем» (МКБ) девятого и десятого пересмотров. Показатели смертности рассчитаны на 1000 детей: ранняя неонатальная смертность – как отношение числа детей, умерших в первые 7 суток, к числу детей, рожденных живыми; поздняя неонатальная смертность – как отношение числа детей, умерших в возрасте от 8 до 28 дней, ко всем живорожденным, исключая детей, умерших на первой неделе жизни; постнеонатальная смертность – как отношение числа детей, умерших в возрасте от 29 дней до года, ко всем детям, родившимся живыми, за исключением умерших в первые 28 дней жизни; младенческая смертность – как отношение числа детей, умерших от рождения до 12 месяцев, ко всем живорожденным.

Для сравнительного анализа применялось программное обеспечение Statistica Version 10 (StatSoft, USA): частоты сравнивались с помощью Pearson's chi-squared test (критерия χ^2) и two-tailed Fisher's exact test (точного критерия Фишера)³. Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$. Расчет относительного риска (ОР) проводился по формуле:

$$OP = (a / (a + b)) / (c / (c + d)),$$

где a – случаи смерти среди потомков основной группы; b – живые потомки основной группы; c – случаи смерти среди потомков группы сравнения; d – живые потомки группы сравнения; с 95%-ным доверительным интервалом (ДИ):

¹ Characteristics of the cohort of workers at the Mayak nuclear complex / N.A. Koshurnikova, N.S. Shilnikova, P.V. Okatenko, V.V. Kreslov, M.G. Bolotnikova, M.E. Sokolnikov, V.F. Khokhriakov, K.G. Suslova [et al.] // Radiat. Res. – 1999. – Vol. 152, № 4. – P. 352–363.

² Оценка радиационного риска для населения, проживающего вблизи предприятия атомной промышленности. Сообщение 1. Методические подходы к оценкам радиационного риска. Состав Детского Регистра / Н.П. Петрушкина, Н.А. Кошурикова, Н.Р. Кабирова, П.В. Окатенко, В.В. Хохряков // Вопросы радиационной безопасности. – 1996. – № 2. – С. 46–50.

³ Glantz S.A. Primer of biostatistics. Fourth Edition. – New York: McGraw-Hill, Health Professions Division, 1997. – 473 p.

$$95\% \text{ CI} = \exp(\ln(RR) - 1,96 \cdot SE\{\ln(RR)\})$$

$$\text{to } \exp(\ln(RR) + 1,96 \cdot SE\{\ln(RR)\})$$

и среднеквадратической ошибкой логарифмического ОР:

$$SE\{\ln(RR)\} = \sqrt{\frac{1}{a} + \frac{1}{c} - \frac{1}{a+b} - \frac{1}{c+b}}$$

Проанализирована частота и ОР смерти до года с учетом пола потомков, периодов рождения, родительского возраста на момент рождения детей. Рассмотрены следующие пятилетние календарные периоды: 1949–1953, 1954–1958, 1959–1963, 1964–1968 и 1969–1973 гг. Анализ родительского возраста проведен в интервалах: 20 лет и младше, 21–25 лет, 26–30 лет, 31–35 лет, 36 лет и старше.

ОР смерти потомков с учетом прекоцептивного облучения родителей на ПО «Маяк» рассчитан в каждой из следующих категорий доз внешнего гамма-облучения гонад: нулевая доза (отсутствие зафиксированных доз у работника в исследуемый период); 0,1–20; 20,1–50; 50,1–100; 100,1–500; 500,1–1000; 1000,1 мГр и более.

Результаты и их обсуждение. Сравнительный анализ младенческой смертности и ее составляющих в группах представлен в табл. 1. В основной группе потомков за весь период наблюдения было зарегистрировано 372 случая младенческой смертности (57,5 % мальчиков, 42,5 % девочек). Среди потомков необлученных родителей число детей, умерших до года, составляло 322 ребенка (56,8 % мальчиков, 43,2 % девочек), статистически значимо превышая данные в основной группе: $\chi^2 = 6,35$; $p = 0,012$.

Ранняя неонатальная смертность составляла в основной группе 39,3 % (146 / 372) всех случаев смерти в возрасте до года и 32,6 % (105 / 322) в группе сравнения и не различалась в группах. Поздняя

неонатальная смертность занимала в структуре младенческой смертности 5,9 % (22 / 372) в основной группе и 6,8 % (22 / 322) в группе сравнения. Значимых статистических различий в группах по частоте поздней неонатальной смертности не найдено ни в целом, ни при сравнении с учетом пола потомков.

Удельный вес постнеонатальной смертности в группах был большим: 54,8 % (204 / 372) в основной группе и 60,6 % (195 / 322) в группе сравнения. Частота постнеонатальной смертности была статистически значимо выше в группе сравнения как по сумме наблюдений ($\chi^2 = 8,47$; $p = 0,004$), так и при сравнительном анализе по полу (среди мальчиков – $\chi^2 = 4,54$, $p = 0,033$; среди девочек – $\chi^2 = 4,06$, $p = 0,044$).

Расчет относительного риска показал аналогичные итоги: постнеонатальная смертность среди мальчиков, девочек и обоих полов и младенческая смертность в целом были выше среди потомков необлученных родителей.

Динамика младенческой смертности и ее составляющих по пятилетним периодам рождения детей представлена на рис. 1. Временные тенденции ранней неонатальной смертности отличались пропорциональностью в обеих группах: с минимальными значениями в период 1949–1953 гг., стабилизацией в 1954–1963 гг. и постепенным снижением к 1969–1973 гг. Сравнительный анализ ранней неонатальной смертности в каждом календарном интервале не выявил различий между группами.

Уровни поздней неонатальной, постнеонатальной и младенческой смертности в группах в целом были сопоставимы: наиболее высокие показатели смертности зафиксированы в 1949–1953 гг. и неуклонно снижались к концу наблюдаемого периода. Значимые статистические различия отмечены только среди детей 1959–1963 гг. рождения, когда частота младенческой смертности в группе сравнения была выше, чем в основной группе ($\chi^2 = 3,88$; $p = 0,049$).

Т а б л и ц а 1

Младенческая смертность и ее компоненты в группах

Основная группа			Группа сравнения			Относительный риск [95 % ДИ]					
Муж. (n = 7457), абс. (на 10 ³)	Жен. (n = 6978), абс. (на 10 ³)	Всего (n = 14435), абс. (на 10 ³)	Муж. (n = 5260), абс. (на 10 ³)	Жен. (n = 5085), абс. (на 10 ³)	Всего (n = 10345), абс. (на 10 ³)	Муж.		Жен.		Всего	
						ОР	ДИ	ОР	ДИ	ОР	ДИ
<i>Ранняя неонатальная смертность</i>											
83 (11,1)	63 (9,0)	146 (10,1)	64 (12,2)	41 (8,1)	105 (10,2)	0,92	0,7–1,3	1,12	0,8–1,7	0,99	0,8–1,3
<i>Поздняя неонатальная смертность</i> ¹											
13 (1,8)	9 (1,3)	22 (1,5)	9 (1,7)	13 (2,6)	22 (2,1)	1,02	0,4–2,4	0,51	0,2–1,2	0,72	0,4–1,3
<i>Постнеонатальная смертность</i> ²											
118* (16,0)	86* (12,5)	204* (14,3)	110 (21,2)	85 (16,9)	195 (19,1)	0,76*	0,6–0,98	0,74*	0,5–0,99	0,75*	0,6–0,9
<i>Младенческая смертность</i>											
214 (28,7)	158 (22,6)	372* (25,8)	183 (34,8)	139 (27,3)	322 (31,1)	0,83	0,7–1,01	0,83	0,7–1,04	0,83*	0,7–0,96

Примечание: ¹ – за вычетом детей, умерших в первые 7 дней жизни; ² – за вычетом детей, умерших в первые 28 дней жизни; * – статистически значимые различия.

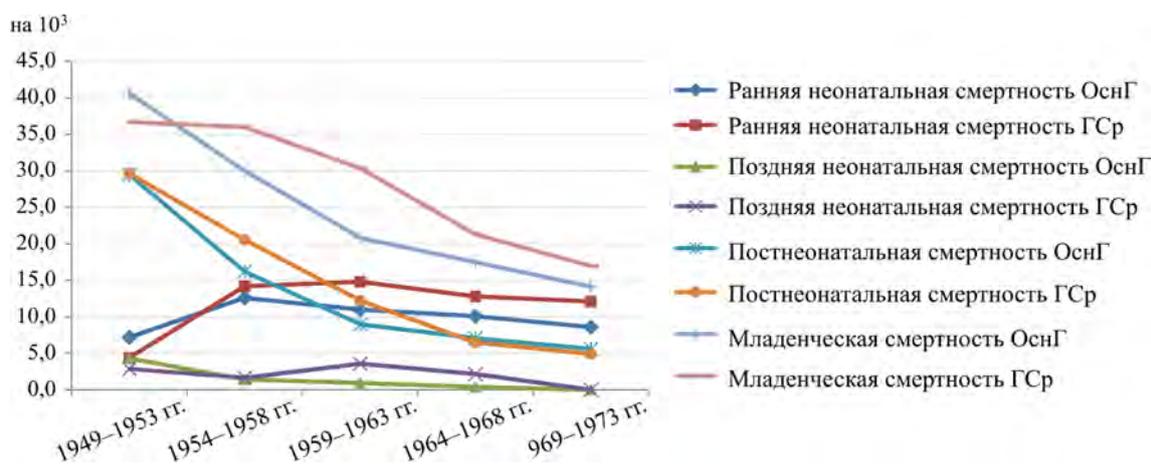


Рис. 1. Динамика младенческой смертности и ее составляющих за 1949–1973 гг. (ОснГ – основная группа, ГСр – группа сравнения)

Оценка относительного риска в зависимости от периода рождения потомков показала те же тенденции: младенческая смертность в группе сравнения среди детей 1959–1963 гг. рождения была статистически значимо выше, чем в основной группе – ОР = 0,67 (0,5–0,99) (табл. 2). Сравнительный анализ ранней и поздней неонатальной, постнеонатальной смертности с учетом пятилетних периодов рождения детей не выявил значимых различий.

Немногочисленные публикации описывают проблемы младенческой смертности в ранние годы наблюдения, указывая, что это был сложный период преодоления демографических последствий войны в условиях жесточайшей нехватки ресурсов [16]. Согласно данным национальной статистики, младенческая смертность за 1947–1964 гг. сократилась со 130

до 25 на 1000 родившихся, и коэффициент младенческой смертности в 70–80-е гг. прошлого столетия варьировался от 23,6 до 22,1 на 10³ и зависел от региональных особенностей⁴. А.А. Баранов в анализе 30-летних тенденций младенческой смертности в СССР указывает, что «одной из особенностей были ее сезонные колебания с пиковыми показателями в июле – сентябре» [17].

Анализ структуры смертности в группах показал, что в спектре младенческой смертности у потомков облученных родителей ведущими были «Отдельные состояния, возникающие в перинатальном периоде» (коды по МКБ-10 – P00–P96): 132 случая (35,5 % всех исходов); в группе сравнения этот подкласс занимал вторые позиции – 97 случаев (30,1 %), $\chi^2 = 0,035$; $p > 0,05$ (рис. 2).

Таблица 2

Относительный риск смерти до года по периодам рождения детей

Период, гг.	Подвиды смертности	Основная группа, n = 14 435			Группа сравнения, n = 10 345			ОР [95 % ДИ]
		абс.	число детей в группе ³	на 10 ³	абс.	число детей в группе ³	на 10 ³	
1949–1953 гг.	Ранняя неонатальная	22	3053	7,2	17	3869	4,4	1,64 [0,9–3,1]
	Поздняя неонатальная ¹	13	3031	4,3	11	3852	2,9	1,5 [0,7–3,3]
	Постнеонатальная ²	89	3018	29,5	114	3841	29,7	0,99 [0,8–1,3]
	Младенческая	124	3053	40,6	142	3869	36,7	1,11 [0,9–1,4]
1954–1958 гг.	Ранняя неонатальная	45	3565	12,6	35	2471	14,2	0,89 [0,6–1,4]
	Поздняя неонатальная	5	3520	1,4	4	2436	1,6	0,86 [0,2–3,2]
	Постнеонатальная	57	3515	16,2	50	2432	20,6	0,79 [0,5–1,2]
	Младенческая	107	3565	30,0	89	2471	36,0	0,83 [0,6–1,1]

⁴ Anderson B.A., Silver B.D. Trends in mortality of the Soviet population // Sov. Econ. – 1990. – Vol. 6, № 3. – P. 191–251; Современные тенденции смертности по причинам смерти в России: 1965–1994 / Ф. Милле, В.М. Школьников, В. Эртриш, Ж. Валлен – М.: Центр демографии и экологии человека; Париж: Национальный институт демографических исследований (INED), 1996. – 140 с.

Периоды, гг.	Подвиды смертности	Основная группа, n = 14 435			Группа сравнения, n = 10 345			ОР [95 % ДИ]
		абс.	число детей в группе ³	на 10 ³	абс.	число детей в группе ³	на 10 ³	
1959–1963 гг.	Ранняя неонатальная	36	3264	11,0	21	1416	14,8	0,74 [0,4–1,3]
	Поздняя неонатальная	3	3228	0,9	5	1395	3,6	0,26 [0,1–1,1]
	Постнеонатальная	29	3225	9,0	17	1390	12,2	0,74 [0,4–1,3]
	Младенческая	68	3264	20,8	43	1416	30,4	0,67* [0,5–0,99]
1964–1968 гг.	Ранняя неонатальная	26	2571	10,1	12	939	12,8	0,79 [0,4–1,6]
	Поздняя неонатальная	1	2545	0,4	2	927	2,2	0,18 [0,02–2,0]
	Постнеонатальная	18	2544	7,1	6	925	6,5	1,09 [0,4–2,7]
	Младенческая	45	2571	17,5	20	939	21,3	0,82 [0,5–1,4]
1969–1973 гг.	Ранняя неонатальная	17	1982	8,6	20	1650	12,1	0,71 [0,4–1,4]
	Поздняя неонатальная	–	1965	–	–	1630	–	–
	Постнеонатальная	11	1965	5,6	8	1630	4,9	1,14 [0,5–2,8]
	Младенческая	28	1982	14,1	28	1650	17,0	0,83 [0,5–1,4]

Примечание: ¹ – за вычетом детей, умерших в первые 7 дней жизни; ² – за вычетом детей, умерших в первые 28 дней жизни; ³ – число детей данного периода рождения в группе; * – статистически значимые различия.



Рис. 2. Частота некоторых подклассов младенческой смертности ($\cdot 10^3$)

Второе место среди причин смерти до года у потомков облученных родителей (23,9 % – 89 случаев) и как ведущие причины смерти до года у потомков необлученных родителей (32,9 % – 106 случаев) занимали инфекционные заболевания, статистически значимо чаще зарегистрированные в группе сравнения: $\chi^2 = 12,86$; $p = 0,00034$. Болезни органов дыхания занимали третью позицию в группах: 71 случай (19,1 %) в основной группе и 69 случаев (21,4 %) в группе сравнения, $\chi^2 = 0,035$; $p > 0,05$.

Статистически значимых различий при сравнении остальных подклассов (эндокринопатии, врожденные пороки развития, болезни нервной и пищеварительной систем) не отмечено.

Ранняя неонатальная смертность вследствие недоношенности значимо чаще наблюдалась в группе сравнения – 2,2 против 1,2 ($\cdot 10^3$) в основной группе ($\chi^2 = 4,1$, $p = 0,04$). Наиболее частыми причинами смерти в поздний неонатальный период в обеих группах были пневмонии без уточнения возбудителя, врожденные аномалии развития сердца и магистральных сосудов и состояния перинатального периода, представленные в основном выраженной степенью недоношенности, последствиями родовых травм и респираторным дистресс-синдромом. Значимых статистических различий этих состояний в поздний неонатальный период между группами не обнаружено.

В структуре постнеонатальной смертности преобладала инфекционная составляющая: болезни органов дыхания, в частности бронхопневмонии без уточнения возбудителя, и кишечные инфекции, среди которых особенно часто регистрировались случаи смерти от шигеллеза. Следует отметить, что в период 1950–1956 гг. в ЗАТО отмечалась крайне неблагоприятная эпидемиологическая ситуация по дизентерии с тяжелыми формами инфекции и высоким процентом летальности. Так, в основной группе в постнеонатальный период всего зарегистрировано

77 смертельных исходов от кишечных инфекций ($5,4 \cdot 10^3$), из них 47 случаев – вследствие шигеллеза ($3,3 \cdot 10^3$), из которых 85,1 % относились к 1950–1956 гг. В группе сравнения частота кишечных инфекций в целом была значимо выше: 79 случаев – $7,7 \cdot 10^3$ ($\chi^2 = 5,13, p = 0,024$); из них наблюдалось 49 случаев шигеллеза – $4,8 \cdot 10^3$ ($\chi^2 = 3,44, p > 0,05$), из которых 79,6 % относились к периоду 1950–1956 гг.

Помимо поражений кишечника, инфекционная патология в постнеонатальном периоде была представлена детскими карантинными инфекциями, вирусными гепатитами и туберкулезом. Отмечено, что в группе сравнения туберкулез регистрировался в качестве причин смерти в постнеонатальный период значимо чаще, чем в основной группе: 1,27 против $0,2 \cdot 10^3$ ($F\text{-test} = 0,0017$). Среди потомков необлученных родителей были диагностированы единичные случаи милиарного туберкулеза и внелегочные формы туберкулезной инфекции – туберкулез мозговых оболочек и костной ткани. Пневмонии постнеонатального периода значимо чаще являлись причиной смерти в группе сравнения: 5,28 против $3,5 \cdot 10^3$ в основной группе, $\chi^2 = 4,46; p = 0,035$. В итоге по сумме наблюдений инфекционные заболевания гораздо чаще регистрировались как причины смерти в постнеонатальный период среди детей необлученных родителей: 104 случая – $10,2 \cdot 10^3$ против 88 случаев – $6,17 \cdot 10^3$ в основной группе, $\chi^2 = 12,3; p = 0,0005$.

Важно отметить, что среди детей облученных родителей в постнеонатальный период зарегистрировано два случая смерти от злокачественных новообразований (ЗНО). Лейкоз неуточненного клеточного типа диагностирован в 1954 г. у трехмесячного мальчика, чьи родители были работниками радиохимического производства и подвергались преконцептивному радиационному воздействию гамма-облучения в дозе 5,1 мГр на яичники и 385,8 мГр на семенники, доза внутриутробного гамма-облучения составляла 8,78 мГр. ЗНО головного мозга диагностировано в 1968 г. у девочки 5-месячного возраста, отец которой являлся работником реакторного завода, и доза преконцептивного производственного внешнего гамма-облучения семенников достигала 2,33 мГр. Среди потомков необлученных родителей смертельных исходов вследствие ЗНО в возрасте до года не наблюдалось.

Следует указать, что сравниваемые группы состояли только из детей, родившихся и проживавших в ЗАТО. С момента пуска основного производства «медицинское обслуживание населения ЗАТО, наряду с работниками градообразующего предприятия, осуществляется ФМБА России в виде медико-санитарных частей и клинических больниц» [18], что предполагает единые стандарты оказания помощи и оснащенность службы здравоохранения.

В табл. 3 показаны распределение потомков, умерших до года, по возрасту родителей при рожде-

нии детей и относительный риск смерти до года в различных категориях материнского и отцовского возраста.

В основной группе материнский возраст при рождении ребенка в среднем приходился на 26 лет (диапазон от 15 до 46 лет), отцовский – 27,5 г. (17–54 года). В группе сравнения средний возраст матерей был аналогичным – 26 лет (15–49 лет), средний возраст отцов был несколько выше – 28,3 г. (15–56 лет). Характеристики возраста родителей среди случаев смерти до года мало отличались от данных в когорте: в основной группе средний возраст матерей – 26 лет (17–43), отцов – 27,3 г. (19–50); в группе сравнения – 26 лет (16–45) и 28 лет (19–47) соответственно.

В обеих группах дети наиболее часто рождались у матерей в возрасте 21–25 лет и отцов в возрасте 26–30 лет. Случаи младенческой смертности в группах регистрировались чаще у мальчиков, родившихся от юных матерей (в основной группе – $40,0 \cdot 10^3$, в группе сравнения – $43,0 \cdot 10^3, p > 0,05$) и матерей 36 лет и старше ($37,8$ и $48,2 \cdot 10^3$) соответственно, $p > 0,05$, а также среди потомков юных отцов (среди мальчиков в основной группе – $34,3 \cdot 10^3, p > 0,05$; среди девочек группы сравнения – $53,4 \cdot 10^3, F\text{-test} = 0,031$).

Статистически значимые оценки относительного риска получены для категории материнского возраста 21–25 лет, в которой младенческая смертность в группе сравнения была выше для потомков женского пола – 0,68 (0,5–0,96) и для обоих полов – 0,75 (0,6–0,95), и категории 31–35 лет для девочек – 0,5 (0,3–0,97). Младенческая смертность была значимо ниже для потомков работников ПО «Маяк» в следующих категориях возраста отца: 20 лет и младше, 21–25 лет и 31–35 лет.

Изучение различий в показателях младенческой смертности в возрастных подгруппах матерей младше 20 лет в США показало, что дети, рожденные от более молодых матерей, подвергались повышенному риску смерти [19]. Связь преклонного возраста отца с негативными последствиями как для матери, так и для потомков, описывают Y.S. Khandwala et al. [20]. Между тем, по данным шведского реестра для изучения смертности, отмечена более высокая выживаемость у потомков пожилых родителей [21]. Авторами подчеркивается важность тенденции рождения «более поздних детей в более богатом и здоровом» окружении. Вместе с тем M. Balaj et al. [22] указывают на значимость уровня образования родителей, отмечая, что более низкий уровень образования матери и отца является фактором риска детской смертности, даже после учета других маркеров социально-экономического статуса семьи. Исследование связи между уровнем образования родителей и младенческой смертностью на основе статистических данных естественного движения населения в Японии показало, что более низкий уровень образования матерей действительно был связан с детской смертностью [23].

Таблица 3

Относительный риск смерти до года по возрасту родителей при рождении детей

Возраст родителей, лет	Пол [▲]	Основная группа, n = 14 435			Группа сравнения, n = 10 345			ОР [95 % ДИ]
		абс.	число детей в группе ¹	на 10 ³	абс.	число детей в группе ¹	на 10 ³	
В целом по группе	Муж.	214	7457	28,7	183	5260	34,8	0,82 [0,7–1,002]
	Жен.	158	6978	22,6	139	5085	27,3	0,83 [0,7–1,04]
	Всего	372	14435	25,8	322	10345	31,1	0,83* [0,7–0,96]
<i>Возраст матерей</i>								
20 и младше	Муж.	33	825	40,0	32	744	43,0	0,93 [0,6–1,5]
	Жен.	20	757	26,4	14	652	21,5	1,23 [0,6–2,4]
	Всего	53	1582	33,5	46	1396	33,0	1,02 [0,7–1,5]
21–25	Муж.	84	2938	28,6	73	2080	35,1	0,82 [0,6–1,1]
	Жен.	61	2796	21,8	66	2063	32,0	0,68* [0,5–0,96]
	Всего	145	5734	25,3	139	4143	33,6	0,75* [0,6–0,95]
26–30	Муж.	55	2420	22,7	42	1482	28,3	0,8 [0,5–1,2]
	Жен.	52	2255	23,1	33	1496	22,1	1,05 [0,7–1,6]
	Всего	107	4675	22,9	75	2978	25,2	0,91 [0,7–1,2]
31–35	Муж.	31	983	31,5	21	643	32,7	0,97 [0,6–1,7]
	Жен.	15	892	16,8	20	594	33,7	0,5* [0,3–0,97]
	Всего	46	1875	24,5	41	1237	33,1	0,74 [0,5–1,1]
От 36 лет и старше	Муж.	11	291	37,8	15	311	48,2	0,78 [0,4–1,7]
	Жен.	10	278	36,0	6	280	21,4	1,68 [0,6–4,6]
	Всего	21	569	36,9	21	591	35,5	1,04 [0,6–1,9]
<i>Возраст отцов²</i>								
20 и младше	Муж.	8	233	34,3	2	141	14,2	2,42 [0,5–11,2]
	Жен.	2	204	9,8	7	131	53,4	0,18* [0,04–0,9]
	Всего	10	437	22,9	9	272	33,1	0,69 [0,3–1,7]
21–25	Муж.	72	2508	28,7	65	1761	36,9	0,78 [0,6–1,1]
	Жен.	53	2391	22,2	49	1675	29,3	0,76 [0,5–1,1]
	Всего	125	4899	25,5	114	3436	33,2	0,77* [0,6–0,99]
26–30	Муж.	66	2855	23,1	55	1789	30,7	0,75 [0,5–1,1]
	Жен.	56	2662	21,0	43	1854	23,2	0,91 [0,6–1,3]
	Всего	122	5517	22,1	98	3643	26,9	0,82 [0,6–1,1]
31–35	Муж.	28	1224	22,9	38	934	40,7	0,56* [0,4–0,9]
	Жен.	19	1145	16,6	30	859	34,9	0,47* [0,3–0,8]
	Всего	47	2369	19,8	68	1793	37,9	0,52* [0,4–0,8]
От 36 лет и старше	Муж.	14	477	29,4	23	633	36,3	0,81 [0,4–1,6]
	Жен.	9	452	19,9	10	553	18,1	1,1 [0,5–2,7]
	Всего	23	929	24,8	33	1186	27,8	0,89 [0,5–1,5]

Пр и м е ч а н и е: ¹ – число детей в группе от родителей данного возраста; ² – возраст отца неизвестен у 284 потомков в основной группе и 15 потомков в группе сравнения; * – статистически значимые различия; ▲ – в колонке указан пол новорожденных.

В табл. 4 показана оценка доз прекоцептивно-го внешнего гамма-облучения родителей основной группы на ПО «Маяк». Представлены параметры накопленных доз внешнего гамма-излучения в целом по группе и среди детей, умерших до года.

Максимальные дозы производственного облучения матерей во всей основной группе достигали 4075,6 мГр; среди матерей, чьи дети умерли до года, – 1930,4 мГр. Аналогичные тенденции были отмечены при анализе прекоцептивного облучения семенников: во всей когорте максимальная доза достигала 5653,1 мГр, при анализе случаев младенческой смертности – 3987,5 мГр. Величины средних характеристик доз прекоцептивного облучения яичников и семенников были ниже среди случаев младенческой смертности, чем в когорте в целом.

Распределение детей основной группы по категориям доз производственного облучения родителей показало, что наибольшее число потомков отмечалось в интервале доз до зачатия 100,1–500 мГр (26 % детей от матерей-работниц ПО «Маяк» и 30,3 % детей от отцов-персонала) и «нулевых доз» (24,5 и 15,8 % соответственно). Анализ младенческой смертности показал, что в этих категориях было зарегистрировано самое большое число случаев смерти до года: при прекоцептивном облучении яичников – 24,1 % в дозовой категории 100,1–500 мГр и 27,2 % при «нулевых дозах»; при прекоцептивном облучении семенников – 28,2 и 26 % соответственно.

Оценка младенческой смертности с учетом интервалов доз внешнего гамма-излучения в сравнении с аналогичными данными потомков соответствующего пола от необлученных родителей представлена в табл. 5.

Таблица 4

Характеристика прекоцептивного внешнего гамма-облучения родителей на производстве, мГр

Параметр	Число потомков	Диапазон доз	Среднее значение ± среднее квадратическое отклонение	Медиана [интерквартильный размах $Q_{25}; Q_{75}$]
<i>Прекоцептивное облучение яичников</i>				
Вся основная группа	4821	0–4075,6	286,8 ± 470,9	74,4 [0,4; 367,4]
Случаи смерти до года	158	0–1930,4	276,2 ± 474,1	55,3 [0; 303,8]
<i>Прекоцептивное облучение семенников</i>				
Вся основная группа	12356	0–5653,1	382,2 ± 614,8	126,9 [16,1; 461,8]
Случаи смерти до года	273	0–3987,5	349,9 ± 605,2	110,6 [0; 461,4]

Таблица 5

Относительный риск смерти до года по интервалам прекоцептивных доз родителей (сравнение с детьми того же пола в группе сравнения)

Интервалы доз, мГр	Пол [▲]	Основная группа			Группа сравнения			ОР [95 % ДИ]
		абс.	число детей в группе ¹	на 10 ³	абс.	число детей в группе	на 10 ³	
<i>Прекоцептивное облучение яичников</i>								
Нулевая доза	Муж.	21	590	35,6	183	5260	34,8	1,02 [0,66–1,6]
	Жен.	22	592	37,2	139	5085	27,3	1,36 [0,87–2,1]
	Всего	43	1182	36,4	322	10345	31,1	1,17 [0,85–1,6]
От 0,1 до 20,0	Муж.	9	302	29,8	183	5260	34,8	0,86 [0,44–1,66]
	Жен.	8	281	28,5	139	5085	27,3	1,04 [0,52–2,1]
	Всего	17	583	29,2	322	10345	31,1	0,94 [0,58–1,51]
От 20,1 до 50,0	Муж.	12	233	51,5	183	5260	34,8	1,48 [0,84–2,6]
	Жен.	4	183	21,9	139	5085	27,3	0,8 [0,3–2,1]
	Всего	16	416	38,5	322	10345	31,1	1,24 [0,75–2,02]
От 50,1 до 100,0	Муж.	13	254	51,2	183	5260	34,8	1,47 [0,85–2,55]
	Жен.	3	196	15,3	139	5085	27,3	0,56 [0,18–1,74]
	Всего	16	450	35,6	322	10345	31,1	1,14 [0,7–1,87]
От 100,1 до 500,0	Муж.	23	652	35,3	183	5260	34,8	1,01 [0,66–1,55]
	Жен.	15	602	24,9	139	5085	27,3	0,91 [0,54–1,54]
	Всего	38	1254	30,3	322	10345	31,1	0,97 [0,7–1,36]
От 500,1 до 1000,0	Муж.	5	263	19,0	183	5260	34,8	0,55 [0,23–1,32]
	Жен.	7	262	26,7	139	5085	27,3	0,98 [0,46–2,1]
	Всего	12	525	22,9	322	10345	31,1	0,73 [0,42–1,3]
От 1000,1 и более	Муж.	12	221	54,3	183	5260	34,8	1,56 [0,88–2,75]
	Жен.	4	190	21,1	139	5085	27,3	0,77 [0,29–2,06]
	Всего	16	411	38,9	322	10345	31,1	1,25 [0,76–2,1]
Итого	Муж.	95	2515	37,8	183	5260	34,8	1,09 [0,85–1,38]
	Жен.	63	2306	27,3	139	5085	27,3	0,99 [0,75–1,34]
	Всего	158	4821	32,8	322	10345	31,1	1,05 [0,87–1,27]
<i>Прекоцептивное облучение семенников</i>								
Нулевая доза	Муж.	32	1010	31,7	183	5260	34,8	0,91 [0,63–1,32]
	Жен.	39	946	41,2	139	5085	27,3	1,51* [1,06–2,14]
	Всего	71	1956	36,3	322	10345	31,1	1,17 [0,91–1,5]
От 0,1 до 20,0	Муж.	15	642	23,4	183	5260	34,8	0,67 [0,4–1,13]
	Жен.	6	657	9,1	139	5085	27,3	0,33* [0,15–0,75]
	Всего	21	1299	16,2	322	10345	31,1	0,52* [0,33–0,81]
От 20,1 до 50,0	Муж.	11	591	18,6	183	5260	34,8	0,54* [0,3–0,98]
	Жен.	7	560	12,5	139	5085	27,3	0,46* [0,22–0,97]
	Всего	18	1151	15,6	322	10345	31,1	0,5* [0,31–0,81]
От 50,1 до 100,0	Муж.	14	651	21,5	183	5260	34,8	0,62 [0,36–1,1]
	Жен.	10	638	15,7	139	5085	27,3	0,57 [0,3–1,08]
	Всего	24	1289	18,6	322	10345	31,1	0,59* [0,39–0,9]
От 100,1 до 500,0	Муж.	50	1935	25,8	183	5260	34,8	0,74 [0,55–1,01]
	Жен.	27	1806	15,0	139	5085	27,3	0,55* [0,36–0,82]
	Всего	77	3741	20,6	322	10345	31,1	0,66* [0,52–0,85]

Интервалы доз, мГр	Пол	Основная группа			Группа сравнения			ОР [95 % ДИ]
		абс.	число детей в группе ¹	на 10 ³	абс.	число детей в группе	на 10 ³	
От 500,1 до 1000,0	Муж.	20	748	26,7	183	5260	34,8	0,77 [0,49–1,2]
	Жен.	13	682	19,1	139	5085	27,3	0,69 [0,39–1,22]
	Всего	33	1430	23,1	322	10345	31,1	0,74 [0,52–1,06]
От 1000,1 и более	Муж.	17	771	22,0	183	5260	34,8	0,63 [0,39–1,04]
	Жен.	12	719	16,7	139	5085	27,3	0,61 [0,34–1,09]
	Всего	29	1490	19,5	322	10345	31,1	0,62* [0,43–0,91]
Итого	Муж.	159	6348	25,0	183	5260	34,8	0,72* [0,58–0,89]
	Жен.	114	6008	19,0	139	5085	27,3	0,69* [0,54–0,89]
	Всего	273	12356	22,1	322	10345	31,1	0,71* [0,61–0,83]

Примечание: ¹ – число детей в группе в данном интервале доз облучения родителей; * – статистически значимые различия; ▲ – в колонке указан пол новорожденных.

Число детей, чьи матери подвергались до зачатия производственному контакту с ионизирующим излучением, составляло 4821, из них 158 детей умерли на первом году жизни (60,1 % – мальчики, 39,9 % – девочки). Какой-либо закономерности при рассмотрении категорий прекоцептивного облучения матерей и частоты младенческой смертности потомков не обнаружено: в среднем частота младенческой смертности в основной группе соответствовала значениям в группе сравнения. Наибольшая смертность до года в основной группе была отмечена среди потомков мужского пола в интервалах доз 20,1–50 мГр ($51,5 \cdot 10^3$); 50,1–100 мГр ($51,2 \cdot 10^3$) и более 1 Гр ($54,3 \cdot 10^3$). Однако сравнительный анализ не выявил значимых различий ОР ни в одной категории доз прекоцептивного облучения яичников.

Количество потомков, чьи отцы подверглись до зачатия внешнему гамма-излучению на производстве, достигало в основной группе 12 356 человек, из них зарегистрировано 273 случая младенческой смертности (58,2 % – мальчики, 41,8 % – девочки). Самая высокая частота младенческой смертности ($41,2 \cdot 10^3$) наблюдалась среди девочек, чьи отцы входили в категорию «нулевых доз» производственного облучения. Оценка ОР в этой категории доз показала, что младенческая смертность среди девочек облученных отцов была статистически значимо выше, чем среди девочек группы сравнения, – 1,51 (1,06–2,14). Детальный анализ структуры смертности в данной категории доз обозначил значимое превышение случаев кишечных инфекций у девочек от облученных отцов ($13,7 \cdot 10^3$) в сравнении с данными девочек от необлученных родителей ($7,1 \cdot 10^3$), $\chi^2 = 4,39$; $p = 0,036$.

Во многих категориях доз прекоцептивного облучения семенников (0,1–20; 20,1–50; 50,1–100; 100,1–500 мГр) младенческая смертность оказалась статистически значимо ниже, чем в контрольной

группе. Итоговая оценка риска для всех детей, чьи отцы подвергались пролонгированному производственному облучению, также показала более низкую младенческую смертность, чем в группе сравнения: для потомков мужского пола – 0,72 (0,58–0,89), женского пола – 0,69 (0,54–0,89), для обоих полов – 0,71 (0,61–0,83).

В рамках исследования выживших после детского рака L.B. Signorello et al. [24] описывают, что радиационное воздействие на область яичников и матки существенно увеличивало риск мертворождения и смерти потомков в неонатальный период в суммарных дозах свыше 10 Гр. D.M. Green et al. [25] наблюдали репродуктивные исходы после лучевой терапии рака и отметили, что новорожденные от женщин, получивших дозы облучения матки более 5 Гр, с большей вероятностью были маленькими для гестационного возраста, однако различий в доле потомков с пороками развития, цитогенетическими синдромами или моногенными дефектами не было обнаружено. Между тем анализ связи радиационного воздействия с риском врожденных аномалий и смерти в перинатальный период среди потомков японцев, подвергшихся атомной бомбардировке, продемонстрировал ассоциацию облучения родителей и изучаемых эффектов, но прямое действие радиации не было доказано [26]. Согласно ранее проведенным исследованиям в когорте детского населения ЗАТО, сопоставление уровня и спектра смертности до года среди детей 1974–1988 гг. рождения не выявило значимых различий между потомками работников ПО «Маяк» и детьми необлученных родителей⁵.

Таким образом, суммарная оценка младенческой смертности и ее составляющих продемонстрировала, что среди потомков необлученных родителей наблюдалась более высокая частота постнеонатальной и младенческой смертности в целом и

⁵ Оценка радиационного риска для населения, проживающего вблизи предприятия атомной промышленности. Сообщение 3. Младенческая смертность среди детей 1974–1988 годов рождения / Н.П. Петрушкина, Н.А. Кошурникова, Н.Р. Кабирова, П.В. Окатенко // Вопросы радиационной безопасности. – 1996. – № 4. – С. 15–22.

инфекционной патологии. В качестве возможного объяснения этого факта следует указать на вероятный «эффект здорового рабочего» [27] среди родителей-персонала ПО «Маяк» вследствие тщательно медицинского освидетельствования перед наймом на производство с вредными условиями труда и отбора лиц без явной хронической патологии. Нельзя отрицать, что родители основной группы детей могли исходно отличаться лучшими показателями здоровья в сопоставлении с родителями в группе сравнения [28].

С другой стороны, важно указать на особенности социально-экономических условий жизни в ЗАТО [29, 30]. Семьи работников ПО «Маяк», как правило, проживали в лучших материально-бытовых условиях, по сравнению с семьями трудоустроенных в городских организациях. Анализ младенческой смертности в зависимости от принадлежности родителей к различным социальным группам показал, что в основной группе 61,3 % (228 / 372) матерей на момент рождения ребенка относились к категории «рабочие», 21,2 % (79 / 372) – «служащие», каждая десятая мать являлась студенткой – 10,5 % (39 / 372). В группе сравнения к «рабочим» относились 53,7 % (173 / 322) матерей, чьи дети умерли до года; к «служащим» – 15,5 % (50 / 322), студентками были 19,9 % (64 / 322). Анализ трудовой занятости отцов показал, что в основной группе к социальной категории «рабочий» относились 68 % (253 / 372) отцов, «служащий» – 16,9 % (63 / 372); в группе сравнения – 59,6 % (192 / 322) и 20,2 % (65 / 322) соответственно, и 0,3 % (1 / 322) отмечен как обучающийся в техникуме.

Значимые статистические различия получены для социальной категории «рабочие», к которой в основной группе относилось больше родителей, чем в группе сравнения (среди матерей $\chi^2 = 4,05$, $p = 0,044$; среди отцов $\chi^2 = 5,3$, $p = 0,022$), и категории «студенты», гораздо чаще представленной среди матерей в группе сравнения ($\chi^2 = 12,1$; $p < 0,001$).

Исследования социальных аспектов младенческой смертности многочисленны. Так, оценка влияния медико-организационных факторов и социальных причин на смертность в поздний неонатальный период в Уральском федеральном округе показала, что «социальные причины являются преобладающими» и достигают 60 % [31]. Акцент на социальных факторах в основе смертности от внешних причин делают исследователи детской и перинатальной смертности в России [32]. При разработке мер по снижению младенческой и материнской смертности в стране выделяют три группы факторов, характеризующих разные условия жизнедеятельности: материальное благополучие, качество медицинского обслуживания, социальную обстановку [5]. Принимая во внимание факт рождения и проживания наблюдаемых детей в ЗАТО и, соответственно, единое качество медицинской помощи, вопросы социального благополучия и исходного состояния здоровья родителей становятся приоритетными.

В планах дальнейшего исследования этой темы – анализ перинатальной и младенческой смертности с учетом таких нерадиационных факторов, как гестационный возраст, паритет родов и других акушерско-гинекологических факторов риска, сопряженных с неблагоприятными исходами на первом году жизни [33, 34]. Наличие случаев ЗНО в основной группе как причин смерти до года требует дальнейшего наблюдения в старших возрастных группах потомков.

Выводы. Ретроспективное эпидемиологическое исследование младенческой смертности и ее структурных компонентов проведено в когорте детей ЗАТО г. Озерск, родившихся в городе в 1949–1973 гг. ($n = 24\ 780$), 14 435 из них родились в семьях работников радиационно-опасного предприятия.

Сравнительный анализ смертности до года показал, что среди потомков необлученных родителей постнеонатальная и младенческая смертность в целом были статистически значимо выше, чем в основной группе. Отмечено существенное влияние инфекционной патологии на частоту исходов и явное преобладание в группе сравнения случаев смерти до года вследствие инфекционных заболеваний.

Оценка младенческой смертности с учетом накопленных доз производственного прекоцептивного внешнего гамма-излучения выделила некоторые дозовые интервалы, в которых риск в основной группе был выше, что было обусловлено инфекционной патологией.

Анализ нерадиационных факторов, в частности, возраста и профессии родителей, обнаружил более высокие уровни младенческой смертности среди потомков необлученных родителей в некоторых возрастных категориях и значимые различия в группах по видам трудовой занятости родителей.

Принимая во внимание многообразие нерадиационных факторов, приводящих к младенческой смертности, в дальнейшем требуется детальный факторный анализ в когорте детского населения ЗАТО.

На данном этапе работы отмеченные особенности смертности среди потомков облученных родителей, возможно, объясняются «эффектом здорового рабочего» в когорте работников ПО «Маяк» и более благоприятными материально-бытовыми условиями их семей, что могло оказать немаловажное влияние на заболеваемость и смертность младенцев.

Финансирование. Работа выполнена в рамках Государственного контракта № 11.314.22.2 от 15 июля 2022 г. «Анализ последствий воздействия ионизирующего излучения на здоровье населения и потомков, проживающих вблизи атомных объектов Госкорпорации «Росатом» на основании Федеральной целевой программы «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016–2020 годы и на период до 2035 года».

Конфликт интересов. Авторы сообщают об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Румянцев А.Г. Приоритеты фундаментальной педиатрии в контроле младенческой и детской смертности // Педиатрия. Журнал им. Г.Н. Сперанского. – 2019. – Т. 98, № 2. – С. 8–13.
2. Tyukov Y.A., Kosymov E.A. Hidden trends in modern sickness rate dynamics in children // Journal of Global Pharma Technology. – 2020. – Vol. 12, № 1. – P. 197–203.
3. Бобровская М.А. Младенческая смертность в России // Экономика и социум. – 2019. – № 5 (60). – С. 410–417.
4. Дымова И.А. Факторы формирования здоровья детей первого года жизни (обзор литературы) // Пермский медицинский журнал. – 2020. – Т. 37, № 1. – С. 85–92. DOI: 10.17816/pmj37185-92
5. Тихомирова Т.М., Тихомиров Н.П. Эконометрические методы обоснования мер по снижению младенческой и материнской смертности в России // Фундаментальные исследования. – 2022. – № 4. – С. 69–76. DOI: 10.17513/fr.43241
6. Нурова А.А., Мирзоева Р.К., Бердыш Д.С. Современная ситуация по перинатальной и младенческой смертности в России // Биомедицина и социология. – 2022. – Т. 7, № 2. – С. 59–66. DOI: 10.26787/nydha-2618-8783-2022-7-2-59-66
7. Отдаленные последствия цитостатических воздействий на зародышевые клетки тестикулярной ткани (экспериментальное исследование) / Т.Г. Боровская, А.В. Вычужанина, Ю.А. Щемерова, С.И. Ксенева, Т.И. Фомина, Е.А. Бохан, В.Е. Гольдберг // Сибирский онкологический журнал. – 2023. – Т. 22, № 4. – С. 74–83. DOI: 10.21294/1814-4861-2023-22-4-74-83
8. Clinical, immunological and genetic research on the participants in mitigating the consequences of the Chernobyl nuclear accident / L. Coretchi, M. Gincu, I. Bahnarel, G. Friptuleac, P. Romanciuc, A. Capatina // One Health & Risk Management. – 2023. – Vol. 4, № 1. – P. 4–19. DOI: 10.38045/ohrm.2023.1.01
9. Boice J.D. Jr. The Likelihood of Adverse Pregnancy Outcomes and Genetic Disease (Transgenerational Effects) from Exposure to Radioactive Fallout from the 1945 Trinity Atomic Bomb Test // Health Phys. – 2020. – Vol. 119, № 4. – P. 494–503. DOI: 10.1097/HP.0000000000001170
10. Körblein A. Statistical modeling of trends in infant mortality after atmospheric nuclear weapons testing // PLoS One. – 2023. – Vol. 18, № 5. – P. e0284482. DOI: 10.1371/journal.pone.0284482
11. Scherb H.H., Mori K., Hayashi K. Increases in perinatal mortality in prefectures contaminated by the Fukushima nuclear power plant accident in Japan: A spatially stratified longitudinal study // Medicine (Baltimore). – 2016. – Vol. 95, № 38. – P. e4958. DOI: 10.1097/MD.0000000000004958
12. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP publication 103 // Ann. ICRP. – 2007. – Vol. 37, № 2–4. – P. 1–332. DOI: 10.1016/j.icrp.2007.10.003
13. Царева Ю.В., Окатенко П.В. Структура смертности населения г. Озерска за период 1948–2013 гг. // Вопросы радиационной безопасности. – 2023. – № 1 (109). – С. 60–66.
14. Регистр здоровья детского населения г. Озёрска: результаты разработки, принципы ведения, возможности и перспективы / С.Ф. Соснина, Н.Р. Кабирова, П.В. Окатенко, С.А. Рогачёва, Ю.В. Царёва, Е.А. Груздева, М.Э. Сокольников // Медицина экстремальных ситуаций. – 2017. – Т. 61, № 3. – С. 95–103.
15. Napier B.A. The Mayak Worker Dosimetry System (MWDS-2013): an introduction to the documentation // Radiat. Prot. Dosimetry. – 2017. – Vol. 176, № 1–2. – P. 6–9. DOI: 10.1093/rpd/nx020
16. Такташева Ф.А. Младенческая смертность в Сталинградской области в 1940–1950-е гг. // Каспийский регион: политика, экономика, культура. – 2019. – № 1 (58). – С. 41–47. DOI: 10.21672/1818-510X-2019-58-1-041-047
17. Баранов А.А. Этапы и пути снижения младенческой смертности в Российской Федерации: опыт последних 30 лет // Российский педиатрический журнал. – 2017. – Т. 20, № 5. – С. 311–315. DOI: 10.18821/1560-9561-2017-20-5-311-315
18. Олесова В.Н., Олесов Е.Е., Олесов А.Е. Стоматологическая заболеваемость работников опасных производств (клинико-эпидемиологические и организационно-экономические аспекты). – М.: ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, 2021. – 288 с.
19. Moore M.D., Brisendine A.E., Wingate M.S. Infant mortality among adolescent mothers in the United States: a 5-Year analysis of racial and ethnic disparities // Am. J. Perinatol. – 2022. – Vol. 39, № 2. – P. 180–188. DOI: 10.1055/s-0040-1714678
20. Association of paternal age with perinatal outcomes between 2007 and 2016 in the United States: population based cohort study / Y.S. Khandwala, V.L. Baker, G.M. Shaw, D.K. Stevenson, H.K. Faber, Y. Lu, M.L. Eisenberg // BMJ. – 2018. – Vol. 363. – P. k4372. DOI: 10.1136/bmj.k4372
21. Associations of parental age with offspring all-cause and cause-specific adult mortality / D. Carslake, P. Tynelius, G.J. van den Berg, G. Davey Smith // Sci. Rep. – 2019. – Vol. 9, № 1. – P. 17097. DOI: 10.1038/s41598-019-52853-8
22. Parental education and inequalities in child mortality: a global systematic review and meta-analysis / M. Balaj, H.W. York, K. Sripada, E. Besnier, H.D. Vonen, A. Aravkin, J. Friedman, M. Griswold [et al.] // Lancet. – 2021. – Vol. 398, № 10300. – P. 608–620. DOI: 10.1016/S0140-6736(21)00534-1
23. Okui T. Association between infant mortality and parental educational level: An analysis of data from Vital Statistics and Census in Japan // PLoS One. – 2023. – Vol. 18, № 6. – P. e0286530. DOI: 10.1371/journal.pone.0286530
24. Stillbirth and neonatal death in relation to radiation exposure before conception: a retrospective cohort study / L.B. Signorello, J.J. Mulvihill, D.M. Green, H.M. Munro, M. Stovall, R.E. Weathers, A.C. Mertens, J.A. Whitton [et al.] // Lancet. – 2010. – Vol. 376, № 9741. – P. 624–630. DOI: 10.1016/S0140-6736(10)60752-0
25. Ovarian failure and reproductive outcomes after childhood cancer treatment: results from the Childhood Cancer Survivor Study / D.M. Green, C.A. Sklar, J.D. Boice Jr., J.J. Mulvihill, J.A. Whitton, M. Stovall, Y. Yasui // J. Clin. Oncol. – 2009. – Vol. 27, № 14. – P. 2374–2381. DOI: 10.1200/JCO.2008.21.1839
26. Congenital Malformations and Perinatal Deaths Among the Children of Atomic Bomb Survivors: A Reappraisal / M. Yamada, K. Furukawa, Y. Tatsukawa, K. Marumo, S. Funamoto, R. Sakata, K. Ozasa, H.M. Cullings [et al.] // Am. J. Epidemiol. – 2021. – Vol. 190, № 11. – P. 2323–2333. DOI: 10.1093/aje/kwab099

27. Трубецков А.Д., Жиров К.С. «Эффект здорового рабочего» в различных областях медицины труда (обзор) // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. – 2021. – Т. 29, № 2. – С. 254–259. DOI: 10.32687/0869-866X-2021-29-2-254-259
28. Соснина С.Ф., Окатенко П.В. Неинфекционная патология у детей работниц предприятия атомной промышленности // Медицинский академический журнал. – 2017. – Т. 17, № 3. – С. 68–76.
29. Соснина С.Ф., Волосников Д.К. Гендерные аспекты качества жизни подростков // Проблемы женского здоровья. – 2010. – Т. 5, № 2. – С. 42–45.
30. Таранушенко Т.Е., Проскурина М.В., Киселева Н.Г. Динамика эпидемиологических показателей сахарного диабета типа 1 у детей и подростков, проживающих на территории закрытого административно-территориального образования // Врач. – 2023. – Т. 34, № 9. – С. 29–33. DOI: 10.29296/25877305-2023-09-06
31. Девятова Е.О., Литвинова А.М. Влияние социальных и медико-организационных факторов на позднюю неонатальную смертность в Уральском федеральном округе // Уральский медицинский журнал. – 2011. – № 12 (90). – С. 10–13.
32. Суханова Л.П., Скляр М.С. Детская и перинатальная смертность в России: тенденции, структура, факторы риска // Социальные аспекты здоровья населения. – 2007. – № 4 (4). – С. 2.
33. Заболеваемость беременных анемией и ее влияние на младенческую смертность // Д.О. Иванов, В.К. Юрьев, К.Г. Шевцова, К.Е. Моисеева, Ш.Д. Харбедия, Е.Н. Березкина // Педиатр. – 2019. – Т. 10, № 1. – С. 43–48. DOI: 10.17816/PED10143-48
34. Преждевременные роды как основная причина младенческой заболеваемости и смертности / О.А. Брюханова, Р.Х. Бахитова, Э.Н. Ахмадеева, А.А. Ильина // Медицинский вестник Башкортостана. – 2020. – Т. 15, № 6 (90). – С. 132–135.

Соснина С.Ф., Окатенко П.В., Сокольников М.Э. Риск младенческой смертности среди потомков работников радиационно-опасного производства // Анализ риска здоровью. – 2024. – № 2. – С. 85–98. DOI: 10.21668/health.risk/2024.2.08

UDC 613.648.4: 314.422.2
DOI: 10.21668/health.risk/2024.2.08.eng



Research article

THE RISK OF INFANT MORTALITY AMONG THE OFFSPRING OF THE WORKERS OF RADIATION HAZARDOUS PRODUCTION

S.F. Sosnina, P.V. Okatenko, M.E. Sokolnikov

Southern Urals Biophysics Institute, 19 Ozyorskoe shosse, Ozyorsk, Chelyabinsk region, 456783, Russian Federation

Infant mortality is an indicator of healthcare quality and social well-being in a society and could be used as an important parameter in assessing the effects produced by parental occupational exposures on the offspring health.

The objective of the study: to analyze the risk of infant mortality in the cohort of the 1st generation offspring of the workers of Mayak Production Association (PA), the first atomic production facility in Russia.

Infant mortality and its components were analyzed in a cohort of children (n = 24,780) born in 1949–1973; the main group comprised 14,435 offspring of Mayak PA workers; the comparison group contained 10,345 children of unexposed parents. Incidence and relative risk of early and late neonatal, postneonatal and infant mortality were assessed taking into account the offspring sex, calendar period of birth, nosologies, parental age, categories of accumulated doses of parental preconception occupational exposure. Relative risk was calculated with 95 % confidence interval.

A higher incidence of postneonatal and infant mortality as a whole was established among the offspring of unexposed parents. Infectious pathology as a cause of death was registered among the offspring of Mayak PA workers statistically significantly less often than in the comparison group. Infant mortality rate in the main group was lower in parental age categories of 21–25 and 31–35 years as well as among younger fathers. A higher rate of infant mortality in certain categories of accumulated doses of occupational preconception gamma-exposure was caused by the contribution of infectious nosologies. Infant mortality due to malignant neoplasms in the main group requires further epidemiological analysis.

© Sosnina S.F., Okatenko P.V., Sokolnikov M.E., 2024

Svetlana F. Sosnina – Candidate of Medical Sciences, Senior Researcher at Radiation Epidemiology Laboratory (e-mail: sosnina@subi.su; tel.: +7 (35130) 71-652; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1553-0963>).

Pavel V. Okatenko – Head of the group on hardware and software at Radiation Epidemiology Laboratory (e-mail: okatenko@subi.su; tel.: +7 (35130) 76-903; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8260-1808>).

Mikhail E. Sokolnikov – Doctor of Medical Sciences, Head of Epidemiology Department (e-mail: sokolnikov@subi.su; tel.: +7 (35130) 71-652; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9492-4316>).

A retrospective analysis demonstrated higher rates of infant mortality and of its components among the children of unexposed parents that could be possibly explained through the “healthy worker effect” and better social well-being of Mayak PA personnel.

Keywords: infant mortality, early neonatal death, late neonatal death, postneonatal death, radiation-hazardous production, Mayak PA, offspring of exposed parents, preconception exposure, gamma-exposure, doses to the gonads.

References

1. Rumyantsev A.G. Priorities of fundamental pediatrics in control of infant and child mortality. *Pediatrics. Zhurnal im. G.N. Speranskogo*, 2019, vol. 98, no. 2, pp. 8–13 (in Russian).
2. Tyukov Y.A., Kosymov E.A. Hidden trends in modern sickness rate dynamics in children. *Journal of Global Pharma Technology*, 2020, vol. 12, no. 1, pp. 197–203.
3. Bobrovskaya M.A. Infant mortality in Russia. *Ekonomika i sotsium*, 2019, no. 5 (60), pp. 410–417 (in Russian).
4. Dymova I.A. Factors, forming health status of children of first year of life (Literature review). *Permskii meditsinskii zhurnal*, 2020, vol. 37, no. 1, pp. 85–92. DOI: 10.17816/pmj37185-92 (in Russian).
5. Tikhomirova T.M., Tikhomirov N.P. Econometric methods to justify measures to reduce infant and maternal mortality in Russia. *Fundamental'nye issledovaniya*, 2022, no. 4, pp. 69–76. DOI: 10.17513/fr.43241 (in Russian).
6. Nurova A.A., Mirzoeva R.K., Berdysh D.S. The current situation of perinatal and infant mortality in Russia. *Vestnik Biomeditsina i sotsiologiya*, 2022, vol. 7, no. 2, pp. 59–66. DOI: 10.26787/nydha-2618-8783-2022-7-2-59-66 (in Russian).
7. Borovskaya T.G., Vychuzhanina A.V., Shchemerova Yu.A., Kseneva S.I., Fomina T.I., Bohan E.A., Goldberg V.E. Long-term effects of cytostatic agents on germ cells of testicular tissue (experimental study). *Sibirskii onkologicheskii zhurnal*, 2023, vol. 22, no. 4, pp. 74–83. DOI: 10.21294/1814-4861-2023-22-4-74-83 (in Russian).
8. Coretchi L., Gincu M., Bahnarel I., Friptuleac G., Romanciuc P., Capatina A. Clinical, immunological and genetic research on the participants in mitigating the consequences of the Chernobyl nuclear accident. *One Health & Risk Management*, 2023, vol. 4, no. 1, pp. 4–19. DOI: 10.38045/ohrm.2023.1.01
9. Boice J.D. Jr. The Likelihood of Adverse Pregnancy Outcomes and Genetic Disease (Transgenerational Effects) from Exposure to Radioactive Fallout from the 1945 Trinity Atomic Bomb Test. *Health Phys.*, 2020, vol. 119, no. 4, pp. 494–503. DOI: 10.1097/HP.0000000000001170
10. Körblein A. Statistical modeling of trends in infant mortality after atmospheric nuclear weapons testing. *PLoS One*, 2023, vol. 18, no. 5, pp. e0284482. DOI: 10.1371/journal.pone.0284482
11. Scherb H.H., Mori K., Hayashi K. Increases in perinatal mortality in prefectures contaminated by the Fukushima nuclear power plant accident in Japan: A spatially stratified longitudinal study. *Medicine (Baltimore)*, 2016, vol. 95, no. 38, pp. e4958. DOI: 10.1097/MD.00000000000004958
12. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP publication 103. *Ann. ICRP*, 2007, vol. 37, no. 2–4, pp. 1–332. DOI: 10.1016/j.icrp.2007.10.003
13. Tsareva Yu.V., Okatenko P.V. Mortality structure of Ozyorsk population in 1948–2013. *Voprosy radiatsionnoi bezopasnosti*, 2023, no. 1 (109), pp. 60–66 (in Russian).
14. Sosnina S.F., Kabirova N.R., Okatenko P.V., Rogacheva S.A., Tsareva Yu.V., Gruzdeva E.A., Sokolnikov M.E. Ozyorsk Children's Health register: development results, management guidelines, potential and prospects. *Meditsina ekstremal'nykh situatsii*, 2017, vol. 61, no. 3, pp. 95–103 (in Russian).
15. Napier B.A. The Mayak Worker Dosimetry System (MWDS-2013): an introduction to the documentation. *Radiat. Prot. Dosimetry*, 2017, vol. 176, no. 1–2, pp. 6–9. DOI: 10.1093/rpd/ncx020
16. Taktasheva F.A. The baby mortality in the Stalingrad region during 1940–1950s. *Kaspiiskii region: politika, ekonomika, kul'tura*, 2019, no. 1 (58), pp. 41–47. DOI: 10.21672/1818-510X-2019-58-1-041-047 (in Russian).
17. Baranov A.A. Stages and ways of reducing infant mortality in the Russian Federation: the experience of the last 30 years. *Rossiiskii pediatricheskii zhurnal*, 2017, vol. 20, no. 5, pp. 311–315. DOI: 10.18821/1560-9561-2017-20-5-311-315 (in Russian).
18. Olesova V.N., Olesov E.E., Olesov A.E. Stomatologicheskaya zaboлеваemost' rabotnikov opasnykh proizvodstv (kliniko-epidemiologicheskie i organizatsionno-ekonomicheskie aspekty) [Dental morbidity of workers in hazardous industries (clinical-epidemiological and organizational-economic aspects)]. Moscow, A.I. Burnazyan Federal Medical Biophysical Center of the FMBA of Russia Publ., 2021, 288 p. (in Russian).
19. Moore M.D., Brisendine A.E., Wingate M.S. Infant mortality among adolescent mothers in the United States: a 5-Year analysis of racial and ethnic disparities. *Am. J. Perinatol.*, 2022, vol. 39, no. 2, pp. 180–188. DOI: 10.1055/s-0040-1714678
20. Khandwala Y.S., Baker V.L., Shaw G.M., Stevenson D.K., Faber H.K., Lu Y., Eisenberg M.L. Association of paternal age with perinatal outcomes between 2007 and 2016 in the United States: population based cohort study. *BMJ*, 2018, vol. 363, pp. k4372. DOI: 10.1136/bmj.k4372
21. Carslake D., Tynelius P., van den Berg G.J., Davey Smith G. Associations of parental age with offspring all-cause and cause-specific adult mortality. *Sci. Rep.*, 2019, vol. 9, no. 1, pp. 17097. DOI: 10.1038/s41598-019-52853-8
22. Balaj M., York H.W., Sripada K., Besnier E., Vonen H.D., Aravkin A., Friedman J., Griswold M. [et al.]. Parental education and inequalities in child mortality: a global systematic review and meta-analysis. *Lancet*, 2021, vol. 398, no. 10300, pp. 608–620. DOI: 10.1016/S0140-6736(21)00534-1
23. Okui T. Association between infant mortality and parental educational level: An analysis of data from Vital Statistics and Census in Japan. *PLoS One*, 2023, vol. 18, no. 6, pp. e0286530. DOI: 10.1371/journal.pone.0286530

24. Signorello L.B., Mulvihill J.J., Green D.M., Munro H.M., Stovall M., Weathers R.E., Mertens A.C., Whitton J.A. [et al.]. Stillbirth and neonatal death in relation to radiation exposure before conception: a retrospective cohort study. *Lancet*, 2010, vol. 376, no. 9741, pp. 624–630. DOI: 10.1016/S0140-6736(10)60752-0
25. Green D.M., Sklar C.A., Boice J.D. Jr., Mulvihill J.J., Whitton J.A., Stovall M., Yasui Y. Ovarian failure and reproductive outcomes after childhood cancer treatment: results from the Childhood Cancer Survivor Study. *J. Clin. Oncol.*, 2009, vol. 27, no. 14, pp. 2374–2381. DOI: 10.1200/JCO.2008.21.1839
26. Yamada M., Furukawa K., Tatsukawa Y., Marumo K., Funamoto S., Sakata R., Ozasa K., Cullings H.M. [et al.]. Congenital Malformations and Perinatal Deaths Among the Children of Atomic Bomb Survivors: A Reappraisal. *Am. J. Epidemiol.*, 2021, vol. 190, no. 11, pp. 2323–2333. DOI: 10.1093/aje/kwab099
27. Trubetskov A.D., Zhirov K.S. “The effect of healthy worker” in various areas of occupational medicine: the publications review. *Problemy sotsial'noi gigieny, zdravookhraneniya i istorii meditsiny*, 2021, vol. 29, no. 2, pp. 254–259. DOI: 10.32687/0869-866X-2021-29-2-254-259 (in Russian).
28. Sosnina S.F., Okatenko P.V. Non-infectious pathology in children of female workers of nuclear industry enterprise. *Meditsinskii akademicheskii zhurnal*, 2017, vol. 17, no. 3, pp. 68–76 (in Russian).
29. Sosnina S.F., Volosnikov D.K. Gender aspects of adolescents' quality of life. *Problemy zhenskogo zdorov'ya*, 2010, vol. 5, no. 2, pp. 42–45 (in Russian).
30. Taranushenko T.E., Proskurina M.V., Kiseleva N.G. Changes in the epidemiological indicators of type 1 diabetes mellitus in children and adolescents living in the closed administrative and territorial entity. *Vrach*, 2023, vol. 34, no. 9, pp. 29–33. DOI: 10.29296/25877305-2023-09-06 (in Russian).
31. Devyatova E.O., Litvinova A.M. Influence of social and organizational factors on the late neonatal mortality in Ural Federal region. *Ural'skii meditsinskii zhurnal*, 2011, no. 12 (90), pp. 10–13 (in Russian).
32. Sukhanova L.P., Sklyar M.S. Infant and perinatal mortality in Russia: tendencies, structure, risk factors. *Sotsial'nye aspekty zdorov'ya naseleniya*, 2007, no. 4 (4), pp. 2 (in Russian).
33. Ivanov D.O., Iurev V.K., Shevtsova K.G., Moiseeva K.E., Kharbedia Sh.D., Berezkina E.N. Morbidity of pregnant anemia and its impact on infant mortality. *Pediatr*, 2019, vol. 10, no. 1, pp. 43–48. DOI: 10.17816/PED10143-48 (in Russian).
34. Bryukhanova O.A., Bakhitova R.Kh., Akhmadeeva E.N., Ilyina A.A. Preterm birth as the main reason for infant mortality and morbidity. *Meditsinskii vestnik Bashkortostana*, 2020, vol. 15, no. 6 (90), pp. 132–135 (in Russian).

Sosnina S.F., Okatenko P.V., Sokolnikov M.E. The risk of infant mortality among the offspring of the workers of radiation hazardous production. *Health Risk Analysis*, 2024, no. 2, pp. 85–98. DOI: 10.21668/health.risk/2024.2.08.eng

Получена: 16.12.2023

Одобрена: 08.05.2024

Принята к публикации: 20.06.2024