

И.М. Петоян, Н.К. Шандала, А.М. Лягинская, Е.Г. Метляев

СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ НОВОРОЖДЕННЫХ ДЕТЕЙ В СЕМЬЯХ МУЖЧИН ПЕРСОНАЛА АТОМНЫХ СТАНЦИЙ

Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва

Контактное лицо: Иван Матвеевич Петоян, e-mail: jpeto@yandex.ru

РЕФЕРАТ

Цель: Дать общую характеристику доз облучения персонала и оценить состояние здоровья новорожденных детей в семьях мужчин персонала атомных станций (АЭС).

Материал и методы: Работа включает результаты исследований репродуктивного здоровья мужчин персонала четырех атомных станций: Смоленской и Курской с реакторами типа РБМК-1000 и Калининской и Нововоронежской с реакторами типа ВВЭР-1000/1200. Источником информации о годовых дозах профессионального облучения персонала служили данные из Федерального банка индивидуальных доз облучения персонала организаций и населения на территориях, обслуживаемых ФМБА России. Состояние новорожденных оценивали по показателям физического развития и частоте рождения ребенка с патологией. В структуре патологических состояний отмечали задержку внутриутробного развития, врожденные пороки развития (ВПР), и другие заболевания перинатального состояния. Источником медицинских данных служили сведения из медицинских карт «История родов» и «История развития новорожденного» за 2007–2018 гг.

Результаты: Состояние здоровья новорожденных детей 2007–2018 гг. рождения в семьях мужчин персонала рассмотренных АЭС и в контрольных группах по выбранным показателям, характеризующим адаптационные возможности новорожденных детей к внеутробной жизни, достоверно не различались. Доля здоровых детей составляла от 60 до 73 % от их общего числа. В структуре патологических состояний наибольший вклад вносили перинатальные состояния (от 10 до 17 %). Частота рождения детей с ВПР не превышала $34,0 \pm 8,9$ на 1 тыс. новорожденных и была значительно ниже уровня, принятого МКРЗ для расчета радиационного риска (60 на 1 тыс.). Не выявлено различий влияния материнского фактора (возраст и осложнения в период беременности) на развитие плода и здоровье новорожденных в семьях мужчин персонала и контрольных группах.

Накопленные индивидуальные дозы профессионального облучения мужчин персонала до зачатия детей, согласно расчетам, в среднем не превышали 30 мЗв и у более чем 95 % персонала – 100 мЗв, что ниже доз облучения (выше 100 мЗв), при которых в радиационно-эпидемиологических исследованиях у потомства достоверно наблюдали негативные последствия облучения мужчин.

Заключение: Не выявлено влияния профессионального облучения на состояние здоровья новорожденных детей в семьях мужчин персонала атомных станций. Вместе с тем, предлагается вести мониторинговые наблюдения за состоянием репродуктивного здоровья немногочисленной группы мужчин персонала атомных станций, накопленные эффективные дозы у которых могут превышать 100 мЗв.

Ключевые слова: новорожденные дети, задержка внутриутробного развития, врожденные пороки развития, мужчины, персонал, атомные станции

Для цитирования: Петоян И.М., Шандала Н.К., Лягинская А.М., Метляев Е.Г. Состояние здоровья новорожденных детей в семьях мужчин персонала атомных станций // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2023. Т. 68. № 2. С. 80–84. DOI:10.33266/1024-6177-2023-68-2-80-84

I.M. Petojan, N.K. Shandala, A.M. Lyaginskaya, E.G. Metlyaev

Newborn Children Health Status in Families of Male Nuclear Power Plants Personnel

A.I. Burnazyan Federal Medical Biophysical Center, Moscow, Russia

Contact person: I.M. Petojan, e-mail: jpeto@yandex.ru

ABSTRACT

Purpose: To give a general description of personnel exposure doses and assess the health status of newborn children in families of male nuclear power plants personnel.

Material and methods: The work includes the results of studies of the reproductive health of male personnel of Smolensk, Kursk, Kalinin and Novovoronezh NPPs. The source of information on annual doses of occupational exposure of personnel was the data from the Federal Bank of individual exposure doses of personnel of organizations and the population in the territories served by the FMBA of Russia. The state of newborns was assessed by indicators of physical development and the frequency of birth of a child with pathology. Intrauterine growth retardation, congenital malformations, and other perinatal diseases were noted in the structure of pathological conditions. The source of medical data was information from the individual medical records “History of childbirth” and “History of the development of the newborn” for 2007–2018.

Results: The health status of newborn children born in 2007–2018 in the families of male personnel of the considered NPPs and in control groups did not differ significantly in terms of selected indicators characterizing the adaptive capabilities of newborn children to extrauterine life. The proportion of healthy children ranged from 60 to 73 % of their total number. In the structure of pathological conditions, perinatal conditions made the greatest contribution (from 10 to 17 %). The birth rate of children with congenital malformations did not exceed 34,0±8,9 per 1000 newborns and was significantly lower than the level adopted by the ICRP for calculating radiation risk (60 per 1000). There were no differences in the influence of the maternal factor (age and complications during pregnancy) on the development of the fetus and the health of newborns in the families of male staff and control groups.

According to calculations, the accumulated individual doses of occupational exposure of male personnel before conception of children did not exceed 30 mSv (on average) and for more than 95 % of the personnel – 100 mSv, which is lower than the exposure doses (above 100 mSv) when the negative consequences of exposure of men were reliably observed in the offspring in radiation-epidemiological studies.

Conclusion: No influence of occupational exposure on the health status of newborn children in families of male nuclear power plant personnel has been identified. At the same time, it is proposed to conduct monitoring observations of the state of reproductive health of a small group of male personnel of nuclear power plants, whose accumulated effective doses may exceed 100 mSv.

Keywords: newborn babies, intrauterine growth restriction, congenital malformations, men, personnel, nuclear power plants

For citation: Petoyan IM, Shandala NK, Lyaginskaya AM, Metlyaev EG. Newborn Children Health Status in Families of Male Nuclear Power Plants Personnel. Medical Radiology and Radiation Safety. 2023;68(2):80–84. (In Russian). DOI:10.33266/1024-6177-2023-68-2-80-84

Введение

В последние два десятилетия опубликованы данные [1–6], свидетельствующие о том, что облучение отцов до зачатия детей является одним из серьезных факторов риска для развития плода, состояния новорожденных детей и детей в последующие периоды жизни. Так, у детей в семьях мужчин участников ликвидации последствий аварии (ЛПИА) на Чернобыльской атомной станции (АЭС) выявлены повышенная общая заболеваемость и хронизация болезней [3–5], а также относительно высокая частота рождения детей с врожденными пороками развития (ВПР) и онкопатологией [6].

Достоверно последствия облучения наблюдались и у новорожденных детей в семьях участников ЛПИА на Чернобыльской АЭС (при дозах облучения выше 100 мЗв), проявляющиеся повышенной общей заболеваемостью, более частыми случаями рождения детей с задержкой внутриутробного развития (ЗВУР) и ВПР [1, 7]. Более высокая частота ВПР выявлена у новорожденных детей 1989–1998 гг. рождения в семьях мужчин персонала Смоленской АЭС, годовые дозы профессионального облучения которых в среднем составляли 4–6 мЗв/год, а расчетная накопленная доза до зачатия детей к концу активного репродуктивного возраста (40 лет) достигала в среднем 60–70 мЗв, при этом у 15–20 % персонала индивидуальная накопленная доза до зачатия детей существенно превышала 100 мЗв [8]. С принятием Норм радиационной безопасности НРБ-99/2009 [9], вступивших в действие в 2000 г., уровни доз облучения персонала в атомной отрасли существенно снизились [10], соответственно снизились и накопленные дозы, характерные для лиц репродуктивного возраста.

С учетом изложенного, цель настоящей работы – дать общую характеристику доз облучения персонала и оценить состояние здоровья новорожденных детей в семьях мужчин персонала атомных станций.

Материал и методы

Работа включает результаты исследования репродуктивного здоровья мужчин персонала четырех атомных станций, Смоленской и Курской АЭС (САЭС и КуАЭС), функционирующих с реакторами типа РБМК-1000, и Калининской и Нововоронежской АЭС (КАЭС и НВАЭС) – с реакторами типа ВВЭР-1000/1200.

Основным источником информации о дозах профессионального облучения мужчин персонала атомных станций служили данные из Федерального банка индивидуальных доз облучения персонала организаций и населения на территориях, обслуживаемых ФМБА России [11] за 2007–2018 гг., по которым рассчитаны средние и 95 % квантили распределения индивидуальных годовых

доз облучения, характерные для мужчин персонала активного репродуктивного возраста (от 20 до 40 лет) на указанных АЭС.

Суммарную (накопленную) дозу облучения (DC_{cum}), которую в среднем получали мужчины персонала данной возрастной группы до зачатия детей, оценивали по формуле:

$$DC_{cum} = D_{mean} \times WE_{year},$$

где: D_{mean} – среднегодовая за определенные годы эффективная доза облучения мужчин персонала данной возрастной группы; WE_{year} – средний стаж работы во вредных условиях труда (ВУТ) мужчин персонала данной возрастной группы до зачатия детей, который оценивали по результатам анкетирования-опроса более 2 тыс. мужчин персонала на четырех АЭС¹.

Для оценки состояния новорожденных детей анализировали физическое развитие, частоту рождения ребенка с патологией, структуру патологических состояний.

Источником необходимых медицинских данных служили сведения из медицинских индивидуальных карт «История родов» (форма 096/у) и «История развития новорожденного» (форма 097/у), находившихся в акушерских отделениях региональных медицинских организаций ФМБА России в городах-спутниках атомных станций: Смоленская АЭС (Медико-санитарная часть ФГБУЗ МСЧ-135, г. Десногорск, карты за 2007–2018 гг.); Калининская АЭС (ФГБУЗ ЦМСЧ-141, г. Удомля, 2007–2013 гг.); Курская АЭС (ФГБУЗ МСЧ-125, г. Курчатова, 2007–2013 гг.); Нововоронежская АЭС (ФГБУЗ Клиническая больница КБ-33, г. Нововоронеж, 2014–2018 гг.).

Методом сплошной выборки в целом было выявлено более 1,6 тыс случаев деторождений в семьях мужчин персонала основных цехов указанных АЭС. Кроме того, методом случайной выборки было отобрано более 2,2 тыс. случаев деторождений в семьях населения в городах-спутниках атомных станций.

В число наиболее информативных показателей, характеризующих адаптационные возможности новорожденных детей к факторам внеутробной жизни, отнесены:

- 1) доля (%) новорожденных детей с малой массой тела (менее 3000 г);
- 2) доля (%) новорожденных детей с выявленными патологиями;
- 3) доля (%) детей с ЗВУР (гипотрофией и с задержкой морфофункционального состояния);
- 4) доля (%) детей с заболеваниями (инфекционные болезни, заболевания органов и систем организма);

¹ Анкетирование-опрос включал анонимные сведения о месте работы (цех подразделение), возрасте мужчины, стаже работы в ВУТ, наличии детей и дате их рождения

- 5) доля (в %) детей с перинатальными состояниями;
- 6) частота ВПР (согласно МКБ-10 [12]) на 1 тыс. новорожденных.

Частоту ВПР у новорожденных детей рассматривали в качестве показателя возможных генетических эффектов, связанных с облучением отца [1].

Анализ состояния здоровья новорожденных детей в семьях мужчин персонала и населения (контроля) осуществляли с учетом накопленных доз профессионального облучения мужчин персонала до зачатия детей (потенциальный фактор риска), а также материнских факторов риска (возраст роженицы и осложнения в период беременности)².

Результаты и обсуждение

Численность и уровни доз облучения мужчин персонала репродуктивного возраста

Анализ данных [11] о возрастном составе и годовых индивидуальных дозах профессионального облучения мужчин персонала на четырех АЭС за 2007–2018 гг. показал (табл. 1), что:

- 1) порядка 50 % мужчин персонала атомных станций – это мужчины активного репродуктивного возраста (от 20 до 40 лет), в котором реализуется до 95–97 % всех деторождений [13]. При этом среди мужчин активного репродуктивного возраста доля мужчин старше 30 лет составляет 55–60 %;
- 2) в среднем годовые дозы облучения персонала в возрасте 25–40 лет были несколько выше (до 5–10 %) средних годовых доз облучения персонала в целом на каждой из АЭС;
- 3) в период с 2007 по 2018 гг. годовые эффективные дозы облучения персонала на Смоленской и Курской атомных станциях (с реакторами типа РБМК), постепенно снижались с 3,2 до 2,6 и с 2,8 до 2,0 мЗв/год соответственно, а на Калининской и Нововоронежской атомных станциях (с реакторами типа ВВЭР-1000) – находились на уровне 0,7–0,9 и 0,9–1,5 мЗв/год соответственно. Среднегодовые значения этих доз за двенадцатилетний период составляли по станциям соответственно 2,8, 2,3, 0,8 и 1,3 мЗв/год (табл. 1);
- 4) основным видом облучения персонала АЭС являлось внешнее гамма-излучение; внутреннему облучению подвергалось менее 1 % персонала.
- 5) индивидуальные годовые дозы облучения у 95 % мужчин персонала репродуктивного возраста не превышали среднюю годовую дозу (D_{mean}) в 3,5–4,5 раза на Смоленской и Курской АЭС и в 5–6 раз на Калининской и Нововоронежской АЭС, так что годовые дозы у 95 % персонала в целом по четырем АЭС не превышали $D_{95}=11$ мЗв. При этом годовые дозы выше 10 мЗв/год на Смоленской АЭС получали не более 5,3 % мужчин персонала, на Курской АЭС – 4,5 %, а на Калининской и Нововоронежской – не более 1,0 и 1,5 % соответственно. Максимальные индивидуальные дозы для отдельных лиц на всех станциях не превышали дозового предела 20 мЗв/год, принятого в НРБ-99/2009 [9];
- 6) характер распределения индивидуальных накопленных доз облучения у персонала за длительный период работы во вредных условиях труда принципиально не отличался от распределения годовых индивидуальных доз на данной атомной станции.

² Исключение доминирующей роли материнских факторов риска в одной из сравниваемых групп является принципиально важным условием в оценке влияния отцовского фактора (накопленной дозы до зачатия ребенка) на состояние здоровья новорожденных детей

Таблица 1

Общая численность и средние эффективные дозы облучения персонала атомных станций за 2007–2018 гг. среди мужчин активного репродуктивного возраста (20–40 лет)

Total number and effective exposure doses of nuclear power plant personnel in 2007–2018 among men of active reproductive age (from 20 to 40 years)

Показатель	САЭС	КуАЭС	КАЭС	НВАЭС
Средняя численность мужчин персонала, тыс чел	2,3	3,2	2,0	2,1
Мужчин репродуктивного возраста (20–40 лет), %	42–46	46–50	54–56	44–48
Среднегодовая эффективная доза, мЗв	2,8	2,3	0,8	1,3
95 % квантиль (D_{95}), мЗв	10–11	8–10	4–5	5–7
Персонал, получавший годовые дозы > 10 мЗв/год, %	4,8–5,3	3,0–4,5	0,9–1,0	1,0–1,5

Стаж работы и характерные для мужчин персонала значения накопленных доз облучения до зачатия детей

Анализ более чем 2 тыс. анкет-опросов мужчин персонала на четырех атомных станциях позволил заключить, что средний стаж работы (WE_{year}) в ВУТ для мужчин активного репродуктивного возраста (20–40 лет) до зачатия детей составлял $WE_{year} = 7–8$ лет, в то время как для мужчин в возрасте 25–29 лет $WE_{year} = 5–6$ лет, а для мужчин в возрасте 30–40 лет $WE_{year} = 9–10$ лет.

С учетом представленных данных об уровнях профессионального облучения персонала (табл. 1) средняя доза за весь репродуктивный период ($WE_{year} = 10$ лет) оценивается для персонала САЭС и КАЭС на уровне $DC_{cum} = 25$ мЗв, а для персонала КАЭС и НВАЭС – на уровне 8 и 13 мЗв соответственно. При этом у более чем 95 % мужчин персонала (в возрасте 30–40 лет) на САЭС и КуАЭС накопленные дозы не превышали 100 мЗв, а на КАЭС и НВАЭС – у более чем 99 %. Расчетные средние значения DC_{cum} за весь репродуктивный период для мужчин персонала рассмотренных АЭС приведены в табл. 2 и 3 (1-я строка).

Показатели состояния здоровья новорожденных детей

Основные показатели состояния здоровья новорожденных детей в семьях мужчин персонала и контрольной группе представлены в табл. 2 и 3. В табл. 2 приведены показатели состояния здоровья новорожденных детей 2007–2013 гг. рождения мужчин персонала Смоленской, Калининской и Курской атомных станций, а в табл. 3 – аналогичные показатели для новорожденных детей 2014–2018 гг. рождения персонала Смоленской и Нововоронежской атомных станций.

Полученные данные показывают (табл. 2 и 3), что доля маловесных новорожденных детей (с весом до 3000 г.), которые относятся к группе риска по адаптационным возможностям при внеутробной жизни, в группах персонала (13,3–15,5 %) и контроля (14,7–16,2 %) соответствовала популяционному уровню среди доношенных детей (15 %) по данным отечественной статистики [14].

Сравнительный анализ частоты и структуры неблагоприятных отклонений в состоянии новорожденных в группах персонала не выявил существенных различий ($p > 0,05$) с аналогичными показателями в соответствующих группах контроля. Доля детей, родившихся с патологией в группах персонала и контроля, находилась в пределах от 26,8 до 40,6 %. В структуре патологий у новорожденных детей ведущее место как в группах персонала, так и в группах контроля занимали перинатальные

Таблица 2

Состояние новорождённых детей 2007–2013 гг. рождения и беременных женщин в семьях мужчин персонала Смоленской, Калининской и Курской атомных станций в сравнении с группами контроля

The state of newborns children born in 2007–2013 and pregnant women in the families of male personnel of the Smolensk Kalinin and Kursk NPPs in comparison with control groups

Показатели	Смоленская АЭС		Калининская АЭС		Курская АЭС	
	Персонал	Контроль	Персонал	Контроль	Персонал	Контроль
Средняя доза до зачатия детей	30 мЗв	–	8 мЗв		26 мЗв	
Всего новорожденных	317	361	316	471	416	650
ВЕС НОВОРОЖДЕННЫХ ДЕТЕЙ, %						
Дети с малым весом (менее 3000 г)	13,2	15,7	15,5	16,2	13,7	15,3
СОСТОЯНИЕ НОВОРОЖДЕННЫХ ДЕТЕЙ, %						
Родились здоровыми	65,9	59,4	71,6	73,2	68,3	70,0
С патологией, в том числе:	34,1	40,6	28,5	26,8	31,7	30,0
ВПР	1,9	2,2	1,6	2,3	3,4	2,7
ЗВУР	11,7	14,7	6,4	7,4	7,7	7,4
С заболеваниями	4,1	5,8	7,0	6,2	5,2	4,8
Перинатальные состояния	16,4	17,8	13,0	10,8	15,4	15,1
СОСТОЯНИЕ БЕРЕМЕННЫХ ЖЕНЩИН, %						
Возраст рожениц (20–35 лет), %	90,7	93,0	91,1	87,3	92,6	87,9
Беременность с осложнениями	49,8	43,5	56,6	54,7	48,7	51,8
Угроза прерывания беременности	32,9	28,9	36,2	33,7	35,9	35,2

Примечание: Здесь и в табл. 3 различия с контролем не достоверны ($p>0,05$)

Таблица 3

То же, что таблица 2 для новорожденных детей 2014–2018 гг. рождения в семьях мужчин персонала Смоленской и Нововоронежской атомных станций

The same as table 2 for newborn children born in 2014–2018 in families of male personnel of the Smolensk and Novovoronezh NPPs

Показатель	Смоленская АЭС		Нововоронежская АЭС	
	Персонал	Контроль	Персонал	Контроль
Средняя доза до зачатия детей	26 мЗв		13 мЗв	
Всего новорожденных	320	375	246	299
ВЕС НОВОРОЖДЕННЫХ ДЕТЕЙ, %				
Дети с малым весом (менее 3000 г)	14,1	14,7	13,8	15,9
СОСТОЯНИЕ НОВОРОЖДЕННЫХ ДЕТЕЙ, %				
Здоровые	70,0	66,1	70,7	66,2
С патологией, в том числе:	30,0	33,9	29,3	33,8
ВПР	3,1	2,9	1,6	1,8
ЗВУР	11,9	13,5	10,4	11,5
С заболеваниями	1,9	2,3	3,4	3,4
Перинатальные состояния	13,1	15,2	13,9	17,1
СОСТОЯНИЕ БЕРЕМЕННЫХ ЖЕНЩИН, %				
Возраст рожениц (20–35 лет)	90,9	87,5	91,6	89,0
Беременность с осложнениями	51,7	59,1	56,8	64,3
Угроза прерывания беременности	25,3	33,5	30,1	28,5

состояния, которые были выявлены у 10,8–17,8 % новорожденных детей. Доля новорожденных детей с ЗВУР – важный показатель, характеризующий адаптационные возможности новорожденных детей к внеутробной жизни – в группах персонала (6,4–11,9 %) и группах контроля (от 7,4 до 14,7 %) также существенно не отличались.

Частота ВПР – как показатель возможного генетического риска – достоверно не превышала того же показателя в группах контроля ($p>0,05$), а максимальное ее значение у детей в семьях мужчин персонала Курской АЭС (34,0±8,9 на 1 тыс.) было значительно ниже спон-

танного уровня 60 на 1 тыс. новорожденных, принятого, как отмечалось выше, для расчета радиационного риска.

Возраст и состояние здоровья беременных женщин, как факторы риска для плода и здоровья новорожденных

Анализ данных о состоянии здоровья беременных женщин (табл. 2 и 3) не выявил существенных различий ($p>0,05$) в когортах персонала и контроле, ни по числу рожениц с осложнениями, ни по частоте угроз прерывания беременности, а также по возрасту, рожениц, что позволяет рассматривать обе группы новорожденных детей как равнозначные по данному фактору риска.

Профессиональное облучение и здоровье новорожденных детей в семьях персонала

Таким образом, по всем рассмотренным показателям состояния здоровья новорожденных детей, характеризующим их адаптационные возможности к внеутробной жизни, в семьях мужчин персонала четырех атомных станций не выявлено существенных различий с аналогичными показателями в группах контроля – среди новорожденных детей в семьях, проживавших в городах-спутниках АЭС, чьи родители не работали на атомных станциях и иных вредных производствах.

Согласно [11], среднегодовые дозы облучения персонала атомных станций после 2007 г. не превышали 2–3 мЗв/год (табл.1). При таких уровнях накопленные дозы профессионального облучения у мужчин персонала репродуктивного возраста до зачатия детей, согласно расчетам (табл. 2 и 3), в среднем не превышали 30 мЗв и у более чем 95 % персонала – 100 мЗв, т.е. были ниже доз облучения (более 100 мЗв), при которых в радиационно-эпидемиологических исследованиях у потомства достоверно наблюдали негативные последствия облучения мужчин [1].

Вместе с тем, среди персонала на каждой из АЭС сформировались немногочисленные группы (на САЭС и КуАЭС не более 5 %, на КАЭС и НВАЭС менее 1,5 %) мужчин персонала репродуктивного возраста (в основном в возрасте старше 30 лет), у которых накопленные дозы профессионального облучения могли превышать 100 мЗв.

С учетом изложенного выше представляется целесообразным вести учет немногочисленной группы мужчин репродуктивного возраста персонала АЭС, накопленные дозы у которых могут превысить 100 мЗв, с целью оценки возможного риска возникновения генетических эффектов у потомства.

Предлагаемый подход к ведению контроля отдельных лиц мужчин персонала АЭС в равной степени может относиться и к работникам других радиационно-опасных производств отрасли. Так, по данным [10] на 2014 г. средние индивидуальные накопленные дозы по производствам Госкорпорации «Росатом» составляли около 30–50 мЗв при годовых дозах, которые снижались от уровня 2,8 (2001 г.) до 1,7 мЗв/год (2014 г.). Общее число

работников по атомной отрасли в целом с накопленными дозами выше 100 мЗв ограничено.

Заключение

Совокупность приведенных данных свидетельствует об отсутствии влияния профессионального облучения на состояние новорожденных детей у мужчин персонала, работающего на атомных станциях, функционирующих с реакторами типа РБМК-1000 и ВВЭР-1000/1200.

Вместе с тем, предлагается вести мониторинговые наблюдения за состоянием репродуктивного здоровья немногочисленной группы мужчин персонала атомных станций, накопленные эффективные дозы у которых могут превышать 100 мЗв.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Лягинская А.М., Туков А.Р., Осипов В.А. и др. Врожденные пороки развития у потомства ликвидаторов последствий аварии на Чернобыльской АЭС // Радиационная биология. Радиоэкология. 2009. Т.49, № 6. С. 694–702.
2. Соснина С.Ф., Сокольников М.Э. Наследуемые эффекты у потомков, связанные с вредным воздействием на родителей (обзор литературы) // Радиационная гигиена. 2019. Т.12, № 3. С. 84–95. DOI 10.21514/1998-426X-2019-12-3-84-95.
3. Сависко А.А. Эпидемиологический мониторинг и медико-генетические основы формирования здоровья детей участников ликвидации последствий аварии на Чернобыльской атомной электростанции: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. 14.00.09. М., 2008. 38 с.
4. Зотова С.А. Роль радиационного фактора в формировании нервно-психических нарушений у детей, родившихся в семьях ликвидаторов аварии на ЧАЭС и обоснование тактики диагностических и лечебно-профилактических мероприятий: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. М., 2007.
5. Корнев Н.М., Бориско Г.А., Кашина-Ярмак В.А. Состояние здоровья детей, рожденных в семьях родителей, облученных вследствие аварии на Чернобыльской АЭС // Здоровье ребенка (Украина) 2012. № 6. С. 66–70.
6. Балева Л.С. Роль геномной нестабильности в формировании стохастической патологии у детей ликвидаторов аварии на Чернобыльской АЭС // Медицина: теория и практика. 2019. Т.4, № 5. С. 65–66.
7. Лягинская А.М., Ермалитский А.П., Осипов В.А., Петоян И.М. Репродуктивное здоровье человека в системе радиационной безопасности // Сборник, посвященный 70-летию ФГБУ ГНЦ РФ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна (1946–2016 г.). М., 2016.
8. Осипов В.А., Лягинская А.М., Петоян И.М. и др. Врожденные пороки развития у детей персонала Смоленской АЭС и их связь с профессиональным облучением отцов // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2014. Т. 59, № 4. С. 18–24.
9. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009). Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора. 2009. 100 с.
10. Панфилов А.П. Эволюция системы обеспечения радиационной безопасности атомной отрасли страны и ее современное состояние // АНРИ. 2016. № 1. С. 2–14.
11. Цовьянов А.Г., Костерев В.В., Крючков В.В. и др. Дозы облучения персонала организаций и населения на территориях, обслуживаемых ФМБА России и Минобороны России, в 2010 г.: Информационно-аналитический справочник. М., 2012. 86 с.
12. World Health Organization. International Classification of Diseases (ICD). Электронный ресурс: <https://www.who.int/standards/classifications/classification-of-diseases>. (Accessed 27.05.2022).
13. Лягинская А.М., Петоян И.М., Ермалитский А.П., и др. Радиационно-гигиенические аспекты состояния репродуктивного здоровья мужчин персонала АЭС // Гигиена и санитария. 2017. Т. 96, № 9. С. 883–887. DOI 10.18821/0016-9900-2017-96-9-883-887.
14. Росстат. Здоровье матери и ребенка за 2013–2018 г.
15. Публикация 103 МКРЗ. Пер. с англ./ Под ред. Киселева М.Ф., Шандалы Н.К. М.: Алан, 2009. 312 с.

REFERENCES

1. Lyaginskaya A.M., Tukov A.R., Osipov V.A., et al. Congenital Malformations in the Offspring of the Liquidators of the Consequences of the Accident at the Chernobyl Nuclear Power Plant. *Radiatsionnaya Biologiya. Radioekologiya* = Radiation Biology. Radioecology. 2009;49:6:694–702 (In Russ.).
2. Sosnina S.F., Sokolnikov M.E. Heritable Effects in Offspring Associated with Harmful Exposure to Parents (Literature Review). *Radiatsionnaya Gigiyena* = Radiation Hygiene. 2019;12:3:84–95. DOI 10.21514/1998-426X-2019-12-3-84-95 (In Russ.).
3. Savisko A.A. *Epidemiologicheskii Monitoring i Mediko-Geneticheskiye Osnovy Formirovaniya Zdorov'ya Detey Uchastnikov Likvidatsii Posledstviy Avarii na Chernobyl'skoy Atomnoy Elektrostantsii* = Epidemiological Monitoring and Medical Genetic Foundations for the Formation of the Health of Children Involved in the Liquidation of the Consequences of the Accident at the Chernobyl Nuclear Power Plant. Extended Abstract of Candidate's thesis in Medicine. 14.00.09. Moscow Publ., 2008. 38 p. (In Russ.).
4. Zotova S.A. *Rol Radiatsionnogo Faktora v Formirovani Nervo-Psichicheskikh Narusheniy u Detey, Rodivshikhsya v Semyakh Likvidatorov Avarii na Chaes i Obosnovaniye Taktiki Diagnosticheskikh i Lechebno-Profilakticheskikh Meropriyatiy* = The Role of the Radiation Factor in the Formation of Neuropsychiatric Disorders in Children Born in the Families of the Liquidators of the Chernobyl Accident and the Rationale for the Tactics of Diagnostic and Therapeutic Measures. Extended Abstract of Candidate's thesis in Medicine. Moscow Publ., 2007 (In Russ.).
5. Korenev N.M., Borisko G.A., Kashina-Yarmak V.A. Health Status of Children, Born in Families of Parents Which Were Irradiated Due to Chernobyl Npp Accident. *Zdorov'ye Rebenka*. (Ukr.) 2012;6:66–70 (In Russ.).
6. Baleva L.S. The Role of Genomic Instability in the Formation of Stochastic Pathology in the Children of the Liquidators of the Accident at the Chernobyl Nuclear Power Plant. *Meditsina: Teoriya i Praktika* = Medicine: Theory and Practice. 2019;4:5:65–66 (In Russ.).
7. Lyaginskaya A.M., Yermalitskiy A.P., Osipov V.A., Petyan I.M. Reproductive Health of a Person in the System of Radiation Safety. *Sbornik, Posvyashchenyy 70-Letiyyu FGBU GNTS RF FMBTS im. A.I. Burnazyana (1946–2016 g.)* = Collection Dedicated to the 70th Anniversary of the Federal State Budgetary Institution State Scientific Center of the Russian Federation of the FMBTS im. A.I. Burnazyana (1946–2016). Moscow Publ., 2016 (In Russ.).
8. Osipov V.A., Lyaginskaya A.M., Petyan I.M., et al. Innate Development Defects in Children of Smolensk NPP Personnel and their Connection with the Occupational Exposure to the Fathers. *Meditsinskaya Radiologiya i Radiatsionnaya Bezopasnost* = Medical Radiology and Radiation Safety 2014;59:4:18–24 (In Russ.).
9. Radiation Safety Standards (NRB-99/2009). Sanitary and Epidemiological Rules and Regulations. Moscow Publ., 2009. 100 p. (In Russ.).
10. Panfilov A.P. Evolution of the System Supporting Radiation Safety in Nuclear Industry of Russia and its Current Status. *Apparatura i Novosti Radiatsionnykh Izmereniy* = ANRI. 2016;1:2–14. (In Russ.).
11. Tsovyanov A.G., Kosterev V.V., Kryuchkov V.V., et al. *Dozy Oblucheniya Personala Organizatsiy i Naseleniya na Territoriyakh, Obsluzhivayemykh Fmba Rossii i Minoborony Rossii, v 2010 g.* = Exposure Doses of Personnel of Organizations and the Population in the Territories Served by the FMBA of Russia and the Ministry of Defense of Russia, in 2010. Information and Analytical Reference Book. Moscow Publ., 2012. 86 p. (In Russ.).
12. World Health Organization. International Classification of Diseases (ICD). URL: <https://www.who.int/standards/classifications/classification-of-diseases>. (Accessed 27.05.2022).
13. Lyaginskaya A.M., Petyan I.M., Yermalitskiy A.P., et al. Radiation-Hygienic Aspects of the State of Reproductive Health of Male Npp Personnel. *Gigiyena i Sanitariya* = Hygiene and Sanitation. 2017;96:9:883–887. DOI 10.18821/0016-9900-2017-96-9-883-887 (In Russ.).
14. *Rosstat. Zdorov'ye Materi i Rebenka za 2013–2018 g.* = Rosstat. Maternal and Child Health 2013–2018 (In Russ.).
15. Publication 103 ICRP. Ed. Kiselev M.F., Shandala N.K. Moscow Publ., 2009. 312 p. (In Russ.).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Участие авторов. Статья подготовлена с равным участием авторов.

Поступила. 20.11.2022. Принята к публикации: 25.01.2023.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Financing. The study had no sponsorship.

Contribution. Article was prepared with equal participation of the authors.

Article received. 20.11.2022. Accepted for publication: 25.01.2023.