https://doi.org/10.33266/2070-1004-2026-1-42-48
УДК 616-036.22-053:614.876:621.039.5

Оригинальная статья
© ФМБЦ им.А.И.Бурназяна

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОТНОСИТЕЛЬНОГО РИСКА ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ ДЕТЕЙ В ВОЗРАСТЕ 0-14 ЛЕТ, ПРОЖИВАЮЩИХ В РАЙОНАХ РАСПОЛОЖЕНИЯ АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ С РЕАКТОРАМИ ТИПА «РЕАКТОР БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ КАНАЛЬНЫЙ» И «ВОДО-ВОДЯНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ РЕАКТОР»

А.М.Лягинская[1], Н.К.Шандала[1], Е.Г.Метляев[1], П.В.Максимова[1], В.В.Купцов[1]

[1] ФГБУ «ГНЦ – Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И.Бурназяна» ФМБА России, Москва, Россия

Резюме. *Цели исследования* – провести сравнительный анализ относительного риска заболеваемости детского населения в возрасте 0–14 лет, проживающего в районах расположения атомных электростанций (АЭС) с реакторами типа «реактор большой мощности канальный» (РБМК) и «водо-водяной энергетический реактор» (ВВЭР).
Материалы и методы исследования. Для проведения исследования были выбраны 4 АЭС, расположенные в центральной части Российской Федерации. На двух из них – АЭС №1 и №2 – установлены одноконтурные реакторы типа РБМК, на АЭС №3 и №4 – двухконтурные реакторы типа ВВЭР.
Материалы исследования – данные медицинской статистики из федеральной формы статистического наблюдения №12 «Сведения о числе заболеваний, зарегистрированных у пациентов, проживающих в районе обслуживания медицинской организации».
Результаты исследования и их анализ. Анализ результатов исследования показал, что суммарный относительный риск заболеваемости детского населения, проживающего вблизи АЭС с реакторами типа РБМК и ВВЭР, различался мало – ΣRRРБМК/ВВЭР=14,92 и ΣRRВВЭР/РБМК=14,80 соответственно – и поэтому относительный риск составлял RRРБМК/ВВЭР=1,01. Также был рассчитан относительный радиационный риск, который определяет риск развития заболеваний органов и систем, критических к действию радиации – RRВВЭР/РБМК=1,15. Несмотря на меньшую величину показателей суммарного относительного радиационного риска заболеваемости (ΣRRРБМК/ВВЭР=5,30; ΣRRВВЭР/РБМК=6,10) его доля в объеме общего относительного риска у детей в городах-спутниках АЭС с реакторами типа РБМК была выше, чем у детей в городах размещения АЭС с реакторами типа ВВЭР – 28,0 и 26,2% соответственно, что не влияло на общую оценку заболеваемости детского населения, которая соответствовала средним показателям по Российской Федерации.
Таким образом, можно констатировать, что радиационный фактор не является ведущим при воздействии на здоровье детей, проживающих в городах-спутниках АЭС, а показатели детской заболеваемости в них соответствуют данным по стране в целом.

Ключевые слова: *атомные электростанции, дети в возрасте 0–14 лет, общая заболеваемость, относительные радиационные риски, относительный риск заболеваемости, реакторы типа «водо-водяной энергетический реактор», реакторы типа «реактор большой мощности канальный»*

Конфликт интересов. Авторы статьи подтверждают отсутствие конфликта интересов

Для цитирования: *Лягинская А.М., Шандала Н.К., Метляев Е.Г., Максимова П.В., Купцов В.В.* Сравнительный анализ относительного риска заболеваемости детей в возрасте 0-14 лет, проживающих в районах расположения атомных электростанций с реакторами типа «реактор большой мощности канальный и «водо-водяной энергетический реактор» // Медицина катастроф. 2026. № 1. С. 42-48. https://doi.org/10.33266/2070-1004-2026-1-42-48

https://doi.org/10.33266/2070-1004-2026-1-42-48
UDC 616-036.22-053:614.876:621.039.5

Original article
© Burnasyan FMBC FMBA

CONDUCT A COMPARATIVE ANALYSIS OF THE RELATIVE RISK OF MORBIDITY AMONG CHILDREN LIVING IN AREAS WHERE NUCLEAR POWER PLANTS WITH HIGH-POWER CHANNEL REACTORS AND WATER-COOLED POWER REACTORS ARE LOCATED

A.M.Lyaginskaya[1], N.K.Shandala[1], E.G.Metlyaev[1], P.V.Maksimova[1], V.V.Kuptsov[1]

[1] State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russian Federation

Summary. *The aim of this study* is to conduct a comparative analysis of the relative risk of morbidity among children living in areas where nuclear power plants (NPP) with HPCR – high-power channel reactor and WCPR – water-cooled power reactor are located.
Research materials and methods. Data on the incidence of disease among children aged 0-14 years in the satellite towns of NPPs No. 1 and No. 2 with HPCR and NPPs No. 3 and No. 4 with WCPR were analyzed.
The study materials are medical statistics data from the federal statistical observation form No. 12 "Information on the number of diseases registered in patients living in the service area of a medical organization".

Research results and their analysis. It was found that the total relative risk of morbidity among children living near nuclear power plants with HPCR-type and WCPR-type reactors is not significantly different: ΣRRHPCR/WCPR=14.92 and ΣRRWCPR/HPCR=14.80, therefore the relative risk is RRHPCR/WCPR=1.01. Despite lower values for the total relative radiation risk of morbidity (ΣRRHPCR/WCPR=5.30; ΣRRWCPR/HPCR=6.10), its share in the total relative risk among children in satellite towns of nuclear power plants with WCPR is higher than among children in towns hosting nuclear power plants with WCPR – 28.0% and 26.2%, respectively, which does not affect the overall assessment of morbidity among the child population, which corresponds to the average indicators for the Russian Federation.
Therefore, it has been found that radiation is not a leading factor affecting the health of children in cities near nuclear power plants, and that childhood morbidity rates correspond to data for the country as a whole.

Keywords: *children aged 0–14 years, general morbidity, high-power channel reactors, nuclear power plants, pressurized water reactors, relative radiation risks, relative risk of morbidity*

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest

For citation: *Lyaginskaya A.M., Shandala N.K., Metlyaev E.G., Maksimova P.V., Kuptsov V.V.* Conduct a Comparative Analysis of the Relative Risk of Morbidity among Children Living in Areas where Nuclear Power Plants with High-Power Channel Reactors and Water-Cooled Power Reactors are Located. *Meditsina Katastrof* = Disaster Medicine. 2026;1:42-48 (In Russ.). https://doi.org/10.33266/2070-1004-2026-1-42-48

Контактная информация:
Метляев Евгений Георгиевич – канд. мед. наук, зав. лабораторией мониторинга здоровья населения ФГБУ «ГНЦ – Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И.Бурназяна» ФМБА России
Адрес: Россия, 123098, Москва, ул. Живописная, д. 46
Тел.: +7 (910) 405-51-20
E-mail: metlyaev@mail.ru

Contact information:
Evgeniy G. Metlyaev – Cand. Sc. (Med.), Head of the Population Health Monitoring Laboratory of State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency
Address: 46, Zhivopisnaya str., Moscow, 123098, Russia
Phone: +7 (910) 405-51-20
E-mail: metlyaev@mail.ru

Введение

Заболеваемость населения – показатель, характеризующий благополучие территории, на которой расположен радиационно опасный объект. Для безопасности населения годовая эффективная доза облучения от техногенных источников не должна превышать 1 мЗв/год [1].

Выбросы вытяжного воздуха и сбросы, поступающие в окружающую среду с атомных электростанций (АЭС), могут приводить к возникновению стохастических эффектов. У АЭС с реакторами типа «реактор большой мощности канальный» (РБМК) в составе выбросов преобладают инертные радиоактивные газы и углерод-14 (^{14}C), а для выбросов и сбросов АЭС с реакторами типа «водо-водяной энергетический реактор» (ВВЭР) характерно преобладание трития (^{3}H).

При проведении исследований по распространению трития обнаружено, что – помимо выбросов воздуха вентиляционными трубами – источником его поступления в окружающую среду являются брызгательные бассейны, использующиеся для охлаждения технологического оборудования Среднее значение объемной активности ^{3}H в составе выбросов равно примерно 15 ТБк/год [2].

Углерод-14 попадает в организм человека с ингаляционным воздухом и с продуктами питания местного производства. Объемная активность ^{14}C в пробах воздуха, почвы и воды в районах размещения АЭС с реакторами типа РБМК выше, чем в районах размещения АЭС с реакторами типа ВВЭР, так как основным материалом замедлителя реактора РБМК является графит. Объемная активность ^{14}C составляет в среднем 0,4 ТБк/год (рис. 1) – [3, 4]. Таким образом, представляет интерес сравнить влияние АЭС с различными типами реакторов на заболеваемость населения.

Цель исследования – провести сравнительный анализ относительного риска заболеваемости детского населения в возрасте 0–14 лет, проживающего в районе расположения атомных электростанций с реакторами типа РБМК и ВВЭР, в 2013–2017 гг.

Задачи исследования:

1. Оценить общую заболеваемость детей 0–14 лет, проживающих в районах расположения АЭС №1 и №2 с реакторами типа РБМК и АЭС №3 и №4 – с реакторами типа ВВЭР.

2. Дать сравнительную оценку относительного риска заболеваемости детей 0-14 лет, проживающих в районах расположения АЭС с реакторами типа РБМК и ВВЭР.

3. Дать сравнительную оценку относительного риска заболеваемости органов и систем, критических к действию радиации.

Материалы и методы исследования. Для проведения исследования были выбраны 4 атомные электростанции, расположенные в центральной части Российской Федерации. На двух из них – АЭС №1 и №2 – установлены одноконтурные реакторы типа РБМК, на двух других объектах – АЭС №3 и №4 – установлены двухконтурные реакторы типа ВВЭР.

Материалы исследования – данные медицинской статистики из федеральной формы статистического наблюдения №12 «Сведения о числе заболеваний, зарегистрированных у пациентов, проживающих в районе обслуживания медицинской организации». Данные предоставлены медико-санитарными частями (МСЧ) городов-спутников исследуемых станций за пятилетний период – 2013–2017 гг. Общая численность детей на территориях влияния АЭС с реакторами типа РБМК – 5696, с реакторами типа ВВЭР – 5410.

Методы исследования – проанализированы первичная и общая заболеваемости детей в возрасте 0–14 лет и выполнен расчет абсолютного и относительного риска для оценки влияния совокупности негативных факторов на состояние здоровья детей.

Абсолютный риск рассчитан по формуле:

$$AR_i = \frac{a_i}{\Sigma_{ai}},$$

где a_i – заболеваемость i-го класса на 1 тыс. чел. по Международной классификации болезней 10-го пересмотра (МКБ-10) за период наблюдения; $\sum_{ai}$ – общая заболеваемость на 1 тыс. чел. Формула для расчетаотносительного риска для АЭС с реактором типа ВВЭР:

$$RR_{ВВЭР(i)} = \frac{AR_{ВВЭР(i)}}{AR_{РБМК(i)}};$$

Рис. 1. Радиационная обстановка
Fig. 1. Radiation situation

для АЭС с реактором типа РБМК:

$$RR_{РБМК(i)} = \frac{AR_{РБМК(i)}}{AR_{ВВЭР(i)}} .$$

Были рассчитаны суммарные относительные риски: $RR_{ВВЭР}=\sum_{(i)}RR_{ВВЭР(i)}$, $RR_{РБМК}=\sum_{(i)}RR_{РБМК(i)}$ и обобщенный относительный риск:

$$RR_1 = \frac{RR_{ВВЭР}}{RR_{РБМК}} ; \; RR_2 = \frac{RR_{РБМК}}{RR_{ВВЭР}} .$$

Один из критериев достоверности расчета рисков – доверительный интервал (ДИ), который был найден по формуле:

$$ДИ = e^{\ln(RR)\pm 1{,}96\sqrt{1/N_{ВВЭР}+1/N_{РБМК}}} ,$$

где $N_{ВВЭР}$ – число детей 0-14 лет, проживающих в районе расположения АЭС с реакторами типа ВВЭР; $N_{РБМК}$ – число детей 0–14 лет, проживающих в районе расположения АЭС с реакторами типа РБМК. 95%-ный ДИ позволяет оценить, в каких пределах находится истинное значение обобщенного относительного риска [5, 6].

Результаты исследования и их анализ.

1. Радиационная обстановка

В соответствии с требованиями российского законодательства на территориях радиационно опасных объектов, а также в санитарно-защитных зонах и зонах наблюдения проводится непрерывный контроль радиационной обстановки. В рамках контроля ведется наблюдение: за мощностью годовой эффективной дозы облучения населения; за содержанием радионуклидов в приземных слоях воздуха, в водных объектах и продуктах питания местного производства. Дозовая нагрузка от предприятий атомной промышленности для населения складывается за счет выбросов и сбросов, поступающих с этих объектов.

Оценку радиационной обстановки провели по данным радиационно-гигиенической паспортизации за 2017 г. [7].

В 2017 г. в приземном слое атмосферного воздуха зоны наблюдения (ЗН) АЭС №1 среднее содержание ^{137}Cs составило $1{,}60\times10^{-6}$ Бк/м^3, ^{90}Sr – $4{,}70\times10^{-11}$ Бк/м^3; в ЗН АЭС №2 среднее содержание ^{137}Cs – $4{,}8\times10^{-7}$ Бк/м^3, содержание ^{90}Sr – ниже предела обнаружения. Объемная активность ^{137}Cs в воде ЗН АЭС №1 в среднем составляла $2{,}30\times10^{-2}$ Бк/л, объемная активность ^{90}Sr – $9{,}30\times10^{-3}$ Бк/л; для ЗН АЭС №2 объемная активность – ^{137}Cs – $3{,}11\times10^{-3}$ Бк/л, ^{90}Sr – ниже предела обнаружения. Среднее содержание ^{137}Cs в воздухе зоны наблюдения АЭС №3 – $1{,}60\times10^{-6}$ Бк/м^3, содержание ^{90}Sr – ниже предела обнаружения. Для АЭС №4 уровень содержания ^{137}Cs в воздухе ЗН в среднем составил $3{,}50\times10^{-7}$ Бк/м^3, ^{90}Sr – $5{,}00\times10^{-8}$ Бк/м^3. Объемная активность ^{137}Cs в водах ЗН АЭС №3 – 6.90×10^{-3} Бк/л, ^{90}Sr – не обнаружен; для АЭС №4 объемная активность ^{137}Cs в ЗН составила 1.80×10^{-3} Бк/л, ^{90}Sr – $4{,}30\times10^{-3}$ Бк/л. Эти показатели на 6–8 порядков ниже значений допустимой объемной активности, установленных в НРБ-99/09 [1].

Годовые эффективные дозы от техногенных источников для населения, проживающего в районах расположения АЭС №1 и №2, были равны $1{,}32\times10^{-4}$ и $3{,}48\times10^{-4}$ мЗв соответственно, а для АЭС №3 и №4 – $6{,}68\times10^{-3}$ и $1{,}00\times10^{-3}$ мЗв соответственно и составляли не более 0,3% годовой эффективной дозы облучения от всех источников.

Исходя из приведенных выше данных можно заключить, что радиационная обстановка в районах расположения четырех исследуемых АЭС является благоприятной и стабильной, и их работа не оказывает негативного влияния на окружающую среду.

2. Заболеваемость

Проанализировано состояние здоровья 4829 и 6563 детей в возрасте 0–14 лет, проживающих в городах-спутниках атомных электростанций №1 и №2 с реакторами типа РБМК, а также 4738 и 6089 детей, проживающих в городах-спутниках АЭС №3 и №4 с реакторами типа ВВЭР.

В 2013-2017 г. общая заболеваемость детей 0–14 лет города-спутника АЭС №1 составляла в среднем (2884,2±33,4) на 1 тыс. чел.; общая заболеваемость детей города-спутника АЭС №2 – (1613,8±66,5) на 1 тыс. чел. Таким образом, среднее значение интенсивного коэффициента заболеваемости детей 0–14 лет, проживающих в районах расположения атомных электростанций с реакторами типа РБМК-1000, составило (2267,2±41,2) на 1 тыс. чел. Общая заболеваемость детей, проживающих в городе-спутнике атомной электростанции №3, составляла (2757,8±64,4) на 1 тыс. чел., в городе-спутнике АЭС №4 – (1666,9±60,5) на 1 тыс. чел. Среднее значение заболеваемости детей 0–14 лет, проживающих в районах расположения атомных электростанций с реакторами типа ВВЭР-1000 – (2192,2±23,8) на 1 тыс. чел.

В табл. 1 представлены данные о заболеваемости детей с распределением по классам болезней в соответствии с МКБ-10 [8].

2.1. Относительный риск заболеваемости детей 0–14 лет, проживающих в районах расположения АЭС с реакторами типа РБМК и ВВЭР

Обобщенный относительный риск заболеваемости детей 0–14 лет, проживающих в районах расположения АЭС с реакторами типа РБМК-1000, по сравнению с детьми, проживающими в районах расположения АЭС с реакторами типа ВВЭР-1000, составил 1,01 ($\Sigma RR_{РБМК/ВВЭР}$=14,92/14,80).

Уровень заболеваемости остается невысоким и соответствует популяционным оценкам [9]. Обобщенный относительный риск у детей, проживающих вблизи АЭС с реакторами типа ВВЭР, относительно детей, проживающих вблизи АЭС с реакторами типа РБМК, составил 0,99 ($RR_{ВВЭР/РБМК}$=14,80/14,92).

В общей структуре заболеваемости повышенный относительный риск заболеваемости (выше 1,0) детей городов-спутников АЭС №1 и №2 (АЭС с реакторами типа РБМК) имеют 6 классов болезней: новообразования – $RR_{РБМК/ВВЭР}$ = 3,17; болезни крови – $RR_{РБМК/ВВЭР}$ = 1,64; болезни органов дыхания – $RR_{РБМК/ВВЭР}$ = 1,09; болезни органов пищеварения – $RR_{РБМК/ВВЭР}$ = 1,38; болезни кожи и подкожной клетчатки – $RR_{РБМК/ВВЭР}$ = 1,15; болезни костно-мышечной системы – $RR_{РБМК/ВВЭР}$=1,57. Суммарный относительный риск этих классов болезней –

Таблица 1 / Table No.1

Относительный риск заболеваемости детей 0-14 лет, проживающих в районах расположения АЭС с реакторами типа РБМК и ВВЭР

Relative risk of morbidity in children aged 0-14 years living in areas where NPPs with RBMK and VVER reactors are located

Классы заболеваний по МКБ-10	РБМК / RBMK				ВВЭР/ VVER				Относ. риск	
	абс.	на 1 тыс.	±m	AR1	абс.	на 1 тыс.	±m	AR2	$RR_{РБМК/ВВЭР}$	$RR_{ВВЭР/РБМК}$
Численность детей, чел.	5696	–	–	–	5410	–	–	–		
Зарегистрировано заболеваний, абс., всего	12910	2267,2	41,2	–	11857	2192,2	23,8	–	–	–
Некоторые инфекционные и паразитарные болезни	535	93,8	7,5	0,041	644	119,2	10,5	0,054	0,76	1,31
Новообразования	49	8,5	0,9	0,004	14	2,6	0,2	0,001	3,17	0,32
Болезни крови, кроветворных органов	30	5,3	0,5	0,002	16	3,0	0,3	0,001	1,64	0,61
Болезни эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ	60	10,5	1,3	0,005	72	13,3	5,7	0,006	0,77	1,30
Психические расстройства и расстройства поведения*	104	18,3	2,0	0,008	10	1,8	0,4	0,001	10,13	0,10
Болезни нервной системы	159	27,8	1,4	0,012	263	48,9	9,3	0,022	0,55	1,80
Болезни глаза и его придаточного аппарата	314	55,1	7,9	0,024	747	138,4	9,9	0,063	0,39	2,59
Болезни уха и сосцевидного отростка*	367	64,2	9,2	0,028	19	3,6	0,0	0,002	17,75	0,06
Болезни системы кровообращения	28	4,9	0,8	0,002	26	4,7	1,4	0,002	0,95	1,05
Болезни органов дыхания	9261	1626,9	49,1	0,717	7809	1443,2	10,5	0,659	1,09	0,92
Болезни органов пищеварения	447	78,3	5,9	0,035	296	54,7	1,9	0,025	1,38	0,72
Болезни кожи и подкожной клетчатки	640	112,3	5,3	0,050	511	94,6	6,3	0,043	1,15	0,87
Болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани	174	30,5	3,1	0,014	102	18,8	2,6	0,009	1,57	0,64
Болезни мочеполовой системы	129	22,6	2,5	0,010	173	32,1	3,6	0,015	0,68	1,46
Травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин	376	66,1	2,9	0,029	418	77,2	14,2	0,035	0,82	1,21
Суммарные значения									14,92	14,80
RR1/2 – относительный риск									1,01	
95%-ный доверительный интервал									0,97	1,05
Сумма RR>1									10,00	10,73

* исключены из оценки относительного риска как статистически недостоверные

$RR_{РБМК/ВВЭР}$ = 10,00. Повышенный относительный риск заболеваемости детей городов-спутников АЭС №3 и №4 (АЭС с реакторами типа ВВЭР) имеют 7 классов болезней: некоторые инфекционные и паразитарные болезни – $RR_{ВВЭР/РБМК}$ = 1,31; болезни эндокринной системы – $RR_{ВВЭР/РБМК}$ = 1,3; болезни нервной системы – $RR_{ВВЭР/РБМК}$ = 1,8; болезни глаза – $RR_{ВВЭР/РБМК}$ = 2,59; болезни системы кровообращения – $RR_{ВВЭР/РБМК}$ = 1,05; болезни мочеполовой системы –$RR_{ВВЭР/РБМК}$ = 1,46; травмы и отравления – $RR_{ВВЭР/РБМК}$ = 1,21. Они составляют суммарный относительный риск $RR_{ВВЭР/РБМК}$ = 10,72 (см. табл. 1).

2.2. Относительный риск заболеваемости ведущими классами болезней детей 0–14 лет, проживающих в районах расположения АЭС с реакторами типа РБМК и ВВЭР

Также были выделены 6 ведущих классов болезней, заболеваемость которыми регистрировалась чаще всего (табл. 2). К ним относятся: болезни органов дыхания, болезни кожи, некоторые инфекционные болезни, болезни органов пищеварения, болезни глаза и его придаточного аппарата, травмы и отравления (рис. 2). Относительный риск заболеваемости ведущими классами болезней детей городов-спутников АЭС с реакторами типа РБМК – $RR_{РБМК/ВВЭР}$ = 1,04. Суммарные значения относительного риска заболеваемости болезнями ведущих классов детского населения городов-спутников АЭС с реакторами типа РБМК и ВВЭР составили: $RR_{РБМК/ВВЭР}$ = 5,20 и $RR_{ВВЭР/РБМК}$ = 5,00 соответственно.

2.3. Относительный риск заболеваемости детей 0–14 лет болезнями органов и систем, критических к действию радиации

Особое место в структуре заболеваемости занимают болезни органов и систем, критических к действию радиации. С точки зрения внешнего облучения, к ним можно отнести органы контакта – кожа, глаза; с точки зрения внутреннего облучения – органы накопления и органы выведения: органы кроветворной системы, щитовидная железа, органы пищеварения. Относительный риск заболеваемости детей, проживающих в районах расположения АЭС с реакторами типа РБМК, болезнями крови и кроветворных органов составил $RR_{РБМК/ВВЭР}$ = 1,64; болезнями органов пищеварения – $RR_{РБМК/ВВЭР}$ = 1,38; болезнями кожи и подкожной клетчатки – $RR_{РБМК/ВВЭР}$ = 1,15. Относительный риск заболеваемости детей, проживающих в районах расположения АЭС с реакторами типа ВВЭР, болезнями глаза и его придаточного аппарата составил $RR_{ВВЭР/РБМК}$ = 2,59; болезнями эндокринной системы – $RR_{ВВЭР/РБМК}$ = 1,30. Суммарные относительные риски заболеваемости детей городов-спутников АЭС с реакторами типа РБМК и ВВЭР составили 5,30 и 6,10 соответственно. Таким образом, общий относительный риск заболеваемости детского населения городов-спутников АЭС с реакторами типа ВВЭР болезнями органов и систем, наиболее чувствительных к действию радиации – немного выше: $RR_{ВВЭР/РБМК}$ = 1,15 (табл. 3).

Рис. 2. Ведущие классы болезней у детей 0–14 лет, проживающих в районах расположения АЭС
Fig. 2. Leading classes of diseases in children 0–14 years old living in areas where nuclear power plants are located

Таблица 2 / Table No.2

Относительные риски заболеваемости ведущими классами болезней детей 0–14 лет, проживающих в районах расположения АЭС с реакторами типа РБМК и ВВЭР
Relative risks of incidence of leading classes of diseases in children 0-14 years old living in areas where NPPs with RBMK and VVER reactors are located

Классы заболеваний по МКБ-10	РБМК / RBMK				ВВЭР/ VVER				Относ. риск	
	абс.	на 1 тыс.	±m	AR_1	абс.	на 1 тыс	±m	AR_2	$RR_{РБМК/ВВЭР}$	$RR_{ВВЭР/РБМК}$
Численность детей, чел.	5696	–	–	–	5410	–	–	–		
Зарегистрировано заболеваний, абс., всего	12910	2267,2	41,2	–	11857	2192,2	23,8	–	–	–
Некоторые инфекционные и паразитарные болезни	535	93,8	7,5	0,041	644	119,2	10,5	0,054	0,76	1,31
Болезни уха и сосцевидного отростка*	367	64,2	9,2	0,028	19	3,6	0,0	0,002	17,75	0,06
Болезни органов дыхания	9261	1626,9	49,1	0,717	7809	1443,2	10,5	0,659	1,09	0,92
Болезни органов пищеварения	447	78,3	5,9	0,035	296	54,7	1,9	0,025	1,38	0,72
Болезни кожи и подкожной клетчатки	640	112,3	5,3	0,050	511	94,6	6,3	0,043	1,15	0,87
Травмы, отравления	376	66,1	2,9	0,029	418	77,2	14,2	0,035	0,82	1,21
Суммарные значения									5,2	5,0
RR1/2 – относительный риск									1,04	
95%-ный доверительный интервал									1,00	1,07
Сумма RR>1									21,37	2,52

* исключены из оценки относительного риска как статистически недостоверные

Таблица 3 / Table No.3

Относительный риск заболеваемости болезнями органов, критических к действию радиации
Relative risk of diseases of organs critical to radiation exposure

Классы заболеваний по МКБ-10	РБМК / RBMK				ВВЭР/ VVER				Относ. риск	
	абс.	на 1 тыс.	±m	AR_1	абс.	на 1 тыс.	±m	AR_2	$RR_{РБМК/ВВЭР}$	$RR_{ВВЭР/РБМК}$
Численность детей, чел.	5696	–	–	–	5410	–	–	–		
Зарегистрировано заболеваний, абс., всего	12910	2267,2	41,2	–	11857	2192,2	23,8	–	–	–
Болезни крови и кроветворных органов	30	5,3	0,5	0,002	16	3,0	0,3	0,001	1,64	0,61
Болезни эндокринной системы	60	10,5	1,3	0,005	72	13,3	5,7	0,006	0,77	1,30
Болезни глаза и его придаточного аппарата	314	55,1	7,9	0,024	747	138,4	9,9	0,063	0,39	2,59
Болезни органов пищеварения	447	78,3	5,9	0,035	296	54,7	1,9	0,025	1,38	0,72
Болезни кожи и подкожной клетчатки	640	112,3	5,3	0,050	511	94,6	6,3	0,043	1,15	0,87
Суммарные значения									5,30	6,10
$RR_{ВВЭР/РБМК}$ – относительный риск									1,15	
95%-ный доверительный интервал									0,84	0,91
Сумма RR>1									4,18	3,89

Суммарный относительный радиационный риск заболеваемости детей, проживающих в районе расположения АЭС с реакторами типа РБМК, составил $RR_{РБМК/ВВЭР}$=5,30, что соответствует 35,5% от суммарного относительного риска. Для детей, проживающих в районах расположения АЭС с реакторами типа ВВЭР, этот показатель был выше – $RR_{ВВЭР/РБМК}$ = 6,10 и в процентном отношении составлял 41,2% (табл. 4, рис. 3).

Для расчета доли радиационного риска в общем относительном риске использовались классы болезней с повышенной заболеваемостью (RR>1), которая определяет радиационный риск.

Заключение

В ходе исследования был рассчитан и проанализирован относительный риск заболеваемости детского населения 0–14 лет, проживающего в районах расположения

Таблица 4 / Table No.4

Относительный радиационный риск в общем объеме относительного риска заболеваемости детей 0–14 лет, проживающих в районах расположения АЭС с реакторами типа РБМК и ВВЭР
Relative radiation risk in the total volume of relative risk of morbidity in children 0–14 years living in areas where NPPs with RBMK and VVER reactors are located

Риск	$RR_{РБМК/ВВЭР}$	$RR_{ВВЭР/РБМК}$
Суммарный риск заболеваемости	14,92	14,80
Относительный суммарный риск заболеваемости	1,01	0,99
Суммарный радиационный риск заболеваемости	4,18	3,89
Относительный суммарный радиационный риск заболеваемости	0,88	1,15
Доля радиационного риска в общем риске, %	28,0	26,2

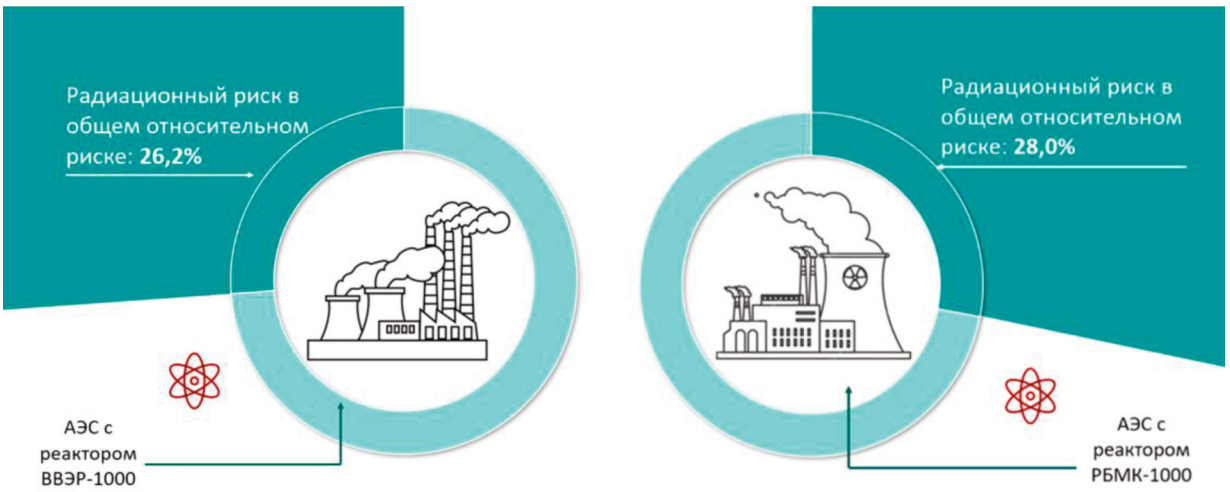

Рис. 3. Доля радиационного риска в общем относительном риске для АЭС с реакторами типа РБМК и ВВЭР
Fig. 3. The share of radiation risk in the total relative risk for NPPs with RBMK reactors and with VVER reactors

четырех атомных электростанций с реакторами типа РБМК и ВВЭР. Дана оценка относительного риска заболеваемости детей болезнями ведущего класса и болезнями органов и систем, критических к действию радиации. Также была определена доля относительного радиационного риска в общем риске. Это позволило сделать следующие выводы:

• относительный риск общей заболеваемости детского населения, проживающего в городах-спутниках атомных электростанций с реакторами типа РБМК и ВВЭР – практически не отличается: $RR_{РБМК/ВВЭР}$ = 1,01, а показатели общей заболеваемости остаются на уровне популяционных оценок;

• выделены ведущие классы болезней: болезни органов дыхания, болезни органов пищеварения, болезни кожи, некоторые инфекционные болезни, болезни органов пищеварения, болезни уха, травмы и отравления. Относительный риск заболеваемости болезнями ведущего класса у детей, проживающих в районах расположения АЭС с реакторами типа РБМК и ВВЭР, также практически не отличается и составляет $RR_{РБМК/ВВЭР}$=1,04 ($\sum RR_{РБМК/ВВЭР}$=5,2; $\sum RR_{ВВЭР/РБМК}$=5,0);

• относительный риск заболеваемости болезнями органов и систем, критических к действию радиации, у детей, проживающих вблизи АЭС с реакторами типа ВВЭР-1000 – немного выше, чем у детей, проживающих вблизи АЭС с реакторами типа РБМК-1000: $RR_{ВВЭР/РБМК}$=1,15 ($\sum RR_{РБМК/ВВЭР}$=5,30; $\sum RR_{ВВЭР/РБМК}$=6,10);

• суммарный относительный риск заболеваемости болезнями органов и систем, критических к действию радиации, у детей, проживающих на территориях влияния АЭС с реакторами типа РБМК – немного выше, чем у детей, проживающих вблизи АЭС с реакторами типа ВВЭР, и составляет $\sum RR_{1/2}$=4,18 и $\sum RR_{2/1}$=3,89 (RR>1). Относительный риск составляет $RR_{1/2}$=1,07 и $RR_{2/1}$=0,93, а доля радиационного риска – 28,0 и 26,2% соответственно;

• в целом можно считать, что различия в структуре заболеваемости детей обусловлены влиянием выбросов АЭС с реакторами типа ВВЭР и РБМК, хотя уровни содержания ^{14}C и ^{3}H в выбросах – ничтожно малы и радиационный риск малозначим.

Таким образом, можно констатировать, что основное влияние на заболеваемость детского населения, проживающего в городах-спутниках АЭС центральной части России, оказывает не радиационный фактор, а другие факторы окружающей среды. Детская заболеваемость остается на уровне популяционных оценок.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Нормы радиационной безопасности: СанПиН 2.6.1.2523-09 (НРБ-99/2009).

2. *Барчуков В.Г., Кочетков О.А., Фомин Г.В.* и др. Распространение трития и его соединений воздушным путем при нормальных условиях эксплуатации Балаковской АЭС // АНРИ. 2016. №1. С. 49-54.

3. *Ильин Л.А., Иванов А.А., Кочетков О.А.* и др. Техногенное облучение и безопасность человека. Радиационная медицина: Руководство. В 4 т. 1999–2004. М.: ИздАТ, 2006. 304 с.

4. *Назаров Э.И., Кружалов А.В., Васянович М.Е.* и др. ^{14}C в годичных кольцах деревьев в окрестностях АЭС с реактором РБМК // Радиоуглерод. 2023. Т.65. №6. С. 1343-1350. Doi: 10.1017/RDC.2023.125.

5. *Барчуков В.Г., Кочетков О.А., Клочков В.Н.* и др. Распространение углерода-14 в окружающей среде при нормальных условиях эксплуатации Курской АЭС // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2023. Т.68. №1. С. 25–33.

6. *Метляев Е.Г., Купцов В.В., Шандала Н.К.* и др. Сравнительный анализ относительного риска заболеваемости населения территории «уранового наследия» и территорий влияния АЭС // Радиация и риск (Бюллетень Национального радиационно-эпидемиологического регистра). 2025. Т.34. №2. С. 109-121.

7. Мониторинг состояния здоровья населения в районах размещения атомных станций: Отчет о научно-исследовательской работе. М.: ФМБЦ им. А.И.Бурназяна ФМБА России, 2019. 145 с.

8. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации в субъектах РФ за 2017 год: радиационно-гигиенический паспорт РФ. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2024. 36 с.

9. Здравоохранение в России: Статистический сборник. М.: Росстат, 2021. 173 с.

REFERENCES

1. *Normy Radiatsionnoy Bezopasnosti* = Radiation Safety Standards. SanPiN 2.6.1.2523-09 NRB-99/2009 (In Russ.).

2. Barchukov V.G., Kochetkov O.A., Fomin G.V., et al. Spread of tritium and its compounds by air under normal operating conditions of the Balakovo NPP. ANRI. 2016;1:49-54. (In Russ.).

3. Il'in L.A., Ivanov A.A., Kochetkov O.A., et al. *Tekhnogennoye Oblucheniye i Bezopasnost' Cheloveka. Radiatsionnaya Meditsina* = Technogenic Irradiation and Human Safety. Radiation Medicine. Manual. In 4 vol. 1999–2004. Moscow, IzdAT Publ., 2006. 304 p. (In Russ.).

4. Nazarov E.I., Kruzhalov A.V., Vasyanovich M.Ye., et al. ^{14}C in Tree Rings in the Vicinity of NPPs with RBMK Reactors. *Radiouglerod* = Radiocarbon. 2023;65;6:1343-1350 (In Russ.). Doi: 10.1017/RDC.2023.125.

5. Barchukov V.G., Kochetkov O.A., Klochkov V.N., et al. Spread of Carbon-14 in the Environment under Normal Operating Conditions of the Kursk NPP. *Meditsinskaya Radiologiya i Radiatsionnaya Bezopasnost'* = Medical Radiology and Radiation Safety. 2023;68;1:25–33 (In Russ.).

6. Metlyayev Ye.G., Kuptsov V.V., Shandala N.K., et al. Comparative Analysis of the Relative Risk of Morbidity of the Population of the "Uranium Legacy" Territory and the Territories Influenced by Nuclear Power Plants. *Radiatsiya i Risk* = Radiation and Risk. 2025;34;2:109-121 (In Russ.).

7. *Monitoring Sostoyaniya Zdorov'ya Naseleniya v Rayonakh Razmeshcheniya Atomnykh Stantsiy* = Monitoring the Health Status of the Population in Areas where Nuclear Power Plants are Located: Report on Research Work. Moscow, FMBTS Im. A.I.Burnazyana FMBA Rossii Publ., 2019. 145 p. (In Russ.).

8. *Rezul'taty Radiatsionno-Gigiyenicheskoy Pasportizatsii v Sub"yektakh RF za 2017 god: Radiatsionno-Gigiyenicheskiy Pasport RF* = Results of Radiation-Hygienic Certification in the Constituent Entities of the Russian Federation for 2017. Radiation-Hygienic Passport of the Russian Federation. Moscow, Federal'nyy Tsentr Gigiyeny i Epidemiologii Rospotrebnadzora Publ., 2024. 36 p. (In Russ.).

9. *Zdravookhraneniye v Rossii. Statisticheskiy Sbornik* = Healthcare in Russia. Statistical Digest. Moscow, Rosstat Publ., 2021. 173 p. (In Russ.).

Материал поступил в редакцию 12.08.25; статья принята после рецензирования 14.08.25; статья принята к публикации 16.03.26
The material was received 12.08.25; the article after peer review procedure 14.08.25; the Editorial Board accepted the article for publication 16.03.26