

А.Н. Котеров¹, Л.Н. Ушенкова¹, А.А. Вайнсон², О.А. Тихонова¹,
А.С. Кретов¹, О.В. Паринов¹, А.О. Лебедев¹, А.Ю. Бушманов¹

РИСК СУИЦИДОВ У РАБОТНИКОВ ЯДЕРНОЙ ИНДУСТРИИ – ОТЛИЧИЯ ДЛЯ МУЖЧИН И ЖЕНЩИН ОБРАТНЫ ПОПУЛЯЦИОННЫМ (СИНТЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ). СООБЩЕНИЕ 2. МЕТА-АНАЛИЗЫ И POOLED-АНАЛИЗЫ

¹ Федеральное медицинское биофизическое центр им. А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва

² Российский онкологический научный центр им. Н.Н. Блохина Минздрава России, Москва

Контактное лицо: Алексей Николаевич Котеров, e-mail: govorilga@inbox.ru

РЕЗЮМЕ

Представленное синтетическое исследование, реализованное в двух сообщениях, по своей цели носит, во-первых, имиджевый характер применительно к занятости в области ядерной индустрии (оценка психологического состояния работников ядерной индустрии (Nuclear workers; NW), в том числе сравнительно с иными профессиями) и, во-вторых, направлено на выявление таких последствий профессионального стресса, как суициды, частота которых является показателем профессионального психологического благополучия/неблагополучия, что актуально для психологического и психофизиологического сопровождения контингентов, подведомственных ФМБА России.

На начальном этапе работы, результаты которого в виде систематического обзора изложены в Сообщении 1, были сформированы и охарактеризованы полные выборки исследований по стандартизованному отношению смертности (Standardized Mortality Ratio; SMR; сравнительно с населением) для суицидов у зарубежных NW мужчин и женщин (по 15 ядерных инсталляций из пяти стран). Представленное Сообщение 2 посвящено выполнению мета-анализа и pooled-анализа для названных выборок. Продемонстрировано, во-первых, хорошее совпадение результатов обоих синтетических подходов (что имеет отдельный теоретический интерес) и, во-вторых, обнаружена резко различная ситуация для мужчин и женщин. Если для мужчин NW выявился статистически значимый «Эффект здорового работника», хотя и не очень высокой величины (по данным и мета- и pooled-анализа SMR = 0,85), то для женщин NW таковой эффект полностью отсутствовал, хотя уровень показателя и не был выше, чем у населения (SMR = 0,97–1,04). Для двух гендерных выборок SMR применительно к суицидам по U-критерию Манна–Уитни показано статистически значимое отличие ($p = 0,019$), как и при соответствующем сравнении средних величин для тех пяти инсталляций, для которых параллельно изучались показатели у мужчин и у женщин NW ($p = 0,021$). Сходные тенденции выявлены и для NW ПО «Маяк», хотя эти данные несут только качественный характер в связи с отсутствием пригодных для анализа индексов риска суицидов.

Величина обратного «гендерного парадокса» для суицидов у NW, отличающего некоторые типы занятости от населения (когда преобладает частота фатальных суицидов у женщин, а не у мужчин) оказалась наивысшей среди всех профессий, для которых были найдены подобные данные, включая врачей с наиболее выраженным, как было известно ранее, указанным феноменом.

Для выполненного исследования имелся ряд ограничений статистического и эпидемиологического характера, но никакие из них не могли полностью отменить названные закономерности и достоверность полученных данных, за исключением предположения о влиянии связанной с полом исходной селекции по психологическим характеристикам для мужчин и женщин NW.

Сделан вывод, что показатель профессионального стресса и психологического благополучия у женщин NW, с чем бы это ни было связано, значительно отличается от показателя для мужчин NW в худшую сторону, причем, вероятно, наиболее резко среди всех профессий. Это требует дифференцированного гендерного подхода при психологическом и психофизиологическом сопровождении NW. Целесообразно также сокращать в ядерной индустрии женские контингенты, непосредственно занятые на производстве.

Ключевые слова: работники ядерной индустрии, фатальные суициды, гендерные отличия, мета-анализ, pooled-анализ

Для цитирования: Котеров А.Н., Ушенкова Л.Н., Вайнсон А.А., Тихонова О.А., Кретов А.С., Паринов О.В., Лебедев А.О., Бушманов А.Ю. Риск суицидов у работников ядерной индустрии – отличия для мужчин и женщин обратны популяционным (синтетическое исследование). Сообщение 2. Мета-анализы и pooled-анализы // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2026. Т. 71. № 3. С. 66–79. DOI:10.33266/1024-6177-2026-71-3-66-79

A.N. Koterov¹, L.N. Ushenkova¹, A.A. Wainson², O.A. Tikhonova¹,
A.S. Kretov¹, O.V. Parinov¹, A.O. Lebedev¹, A.Yu. Bushmanov¹

Suicide Risk Among Nuclear Workers: Differences for Male and Female are Inverse to Population-Based Results (Synthetic Study). Report 2. Meta-Analyses and Pooled-Analyses

¹ A.I. Burnazyan Federal Medical Biophysical Center, Moscow, Russia

² N.N. Blokhin Russian Cancer Research Center, Moscow, Russia

Contact person: Alexey N. Koterov, e-mail: govorilga@inbox.ru

ABSTRACT

This synthetic study, presented in two reports, is intended to, firstly, serve as an image-building tool for employment in the nuclear industry (assessing the psychological state of nuclear workers (NW), including comparisons with other professions). Secondly, it aims to identify the consequences of occupational stress, such as suicide, the frequency of which is an index of professional psychological well-being/ill-being. This is relevant for the psychological and psychophysiological support of contingents under the jurisdiction of the Federal Medical-Biological Agency of the Russian Federation.

At the initial stage of the study, the results of which were presented in the form of a systematic review in Report 1, full samples of studies on the standardized mortality ratio (SMR; compared to the general population) for suicides in foreign NW for male and female (15 nuclear installations from five countries) were compiled and characterized. The presented Report 2 is devoted to the implementation of a meta-analysis and a pooled analysis for the aforementioned samples. Firstly, a good agreement between the results of both synthetic approaches is demonstrated (which is of particular theoretical interest) and, secondly, a sharply different situation for male and female is discovered. While a statistically significant ‘Healthy Worker Effect’ was revealed for NW male, albeit not very high in magnitude (according to both the meta-analysis and pooled analysis, $SMR = 0.85$), such an effect was completely absent for NW female, although the index level was not higher than that of the population ($SMR = 0.97-1.04$). For the two gender samples, the SMR for suicides according to the Mann-Whitney U test showed a statistically significant difference ($p = 0.019$), as did the corresponding comparison of the mean values for the five installations for which the indexes for NW male and female were simultaneously studied ($p = 0.021$). Similar trends were also identified for the PO ‘Mayak’ NW, although these data were only qualitative due to the lack of suitable suicide risk indexes for analysis.

The magnitude of the inverse ‘gender paradox’ for suicides in NW, which distinguishes certain occupations from the general population (where the rate of fatal suicides is higher in female than in male), was the highest among all occupations for which similar data were found, including physicians, who were previously known to be most susceptible to this phenomenon.

The study was subject to a number of statistical and epidemiological limitations, but none of them could completely invalidate the aforementioned patterns or the reliability of the data obtained, with the exception of the hypothesis that gender-related initial selection for psychological characteristics may influence for NW male and female.

It was concluded that the occupational stress and psychological well-being index for female NW, regardless of the underlying cause, differ significantly from those for male NW, and this difference is likely more pronounced than that of any other profession. This requires a differentiated gender approach to psychological and psychophysiological support for NW. It would also be advisable to reduce the number of female NW directly involved in production in the nuclear industry.

Keywords: nuclear workers; fatal suicides, gender differences, meta-analysis, pooled analysis

For citation: Koterov AN, Ushenkova LN, Wainson AA, Tikhonova OA, Kretov AS, Parinov OV, Lebedev AO, Bushmanov AY. Suicide Risk Among Nuclear Workers: Differences for Male and Female are Inverse to Population-Based Results (Synthetic Study). Report 2. Meta-Analyses And Pooled-Analyses. Medical Radiology and Radiation Safety. 2026;71(3):66–79. DOI:10.33266/1024-6177-2026-71-3-66-79

Введение

Частота суицидов рассматривается как показатель социального и профессионального благополучия/неблагополучия (ссылки см в [1]), поэтому исследование данного индекса у подведомственного ФМБА России контингента – работников ядерной индустрии (‘Nuclear workers’; NW), представляется актуальным как в имиджевом плане, так и в плане оптимизации психологического и психофизиологического сопровождения данной категории занятых. Настоящий цикл из двух сообщений (синтетическое исследование) посвящен систематическому обзору с последующими мета-анализом и pooled-анализом применительно к риску суицидов у NW разных стран и гендерным закономерностям этого риска (изучено стандартизованное отношение смертности сравнительно с генеральной популяцией (населением) – Standardized Mortality Ratio; SMR).

В Сообщении 1 была приведена методика поиска источников (в основном в поддерживаемой двумя первыми авторами настоящего исследования библиографической базе данных для NW разных стран [2], а также в PubMed, Embase, Google Scholar, eLibrary и в списках литературы из публикаций), изложены этапы процессинга полученной выборки для подготовки к мета- и pooled-анализам (отбор работ только с индексами SMR, только последних хронологически публикаций для изученных когорт, устранение выпадающих вариантов в выборках и оценка эпидемиологического качества оставшихся уместных исследований) [1].

Ни одна из найденных четырех отечественных работ (все для ПО «Маяк») не вошла в систематический обзор вследствие отсутствия необходимых индексов риска. Тем не менее, и из исследований в СССР/России были сделаны некоторые выводы качественного характера, согласно которым при переоблучении NW ПО «Маяк» отмечался повышенный риск суицидов, а при отсутствии высоких уровней экспозиции невзвешенный показатель риска сравнительно с населением для мужчин повышен не был. Наблюдался также обратный «гендерный парадокс», когда частота фатальных суицидов у женщин NW ПО «Маяк» была выше, чем у мужчин [1], в то время как для населения почти всех стран, кроме Китая, еще с

XIX в. описан прямой «гендерный парадокс» – кратное преобладание уровня фатальных суицидов для мужчин при кратном преобладании попыток к суицидам у женщин (в качестве обзора см. [1]).

На первом этапе работы, результаты которого изложены в Сообщении 1 [1], для зарубежных NW (пять стран) были сформированы адаптированные, согласно международным рекомендациям для систематического обзора и мета-анализа (PRISMA) [3], а также аналогичному отечественному руководству [4], две полные выборки исследований по SMR для фатальных суицидов у мужчин и у женщин NW, соответствующие 15 ядерным инсталляциям (совпадение). Для всех работ, вошедших в выборки, были доступны оригиналы публикаций, что сделало возможным выполнение не только мета-анализа, но и pooled-анализа, для которого требуются все первичные данные [5].

В представленном Сообщении 2, на основе названных выборок, выполнены параллельные мета-анализ и pooled-анализ вкуче со сравнением полученных интегральных значений SMR для суицидов в мужских и женских когортах NW с целью проверки обратного «гендерного парадокса». Важным является сопоставление величины отношения риска суицидов для мужских и женских когорт NW с соответствующим показателем для контингента с наивысшей, вероятно, выраженностью обратного «гендерного парадокса», – с врачами [5–8].

Относительно редкая возможность параллельного выполнения как мета-анализа, так и pooled-анализа при оценке риска¹, может вносить вклад в разрешение не раз

¹ Поиск через Google Scholar работ с потенциально выполненными и мета-анализом, и pooled-анализом (на цельные конструкции (то есть в двойных кавычках) [“pooled analysis and meta-analysis”] и [“meta-analysis and pooled analysis”]) выдал в сумме число ссылок, составившее 0,2% и 0,04% соответственно от результатов поиска отдельно на “pooled analysis” и “meta-analysis”. Аналогичный поиск в одной из наиболее представительных и авторитетных научных систем Embase [9] (Embase – ScienceDirect – Journals & Books – модуль Advanced search – Title; то есть в заголовках), также обеспечил только 0,5% и 0,02% источников сравнительно с поиском на два указанных термина отдельно.

поднимавшейся ранее [10–24] проблемы приоритета для доказательности двух указанных типов интегрирующих синтетических исследований.

Характеристики выборок для мета- и pooled-анализа: селекция источников, их вес и «Анализ чувствительности»

Сформированные на предыдущем этапе две выборки по SMR для суицидов у мужчин и женщин NW² уже были проверены на предмет выпадающих вариантов по критерию Шовене [1] (Chauvenet's criterion [25]). Такой подход перед проведением мета-анализа использовался ранее как нами [26–28], так и некоторыми другими авторами, в том числе в последние годы [29–34]. Однако данный критерий основан на предположении о нормальном распределении (что в выборках для мета-анализа наблюдается далеко не всегда), в связи с чем он игнорирует возможную гетерогенность группы исследований (в отличие от статистических моделей мета-анализа [3, 4, 16, 17]), фокусируется не на величине эффекта (effect size), а на среднем значении выборки и пр. [25]. Поэтому использование критерия Шовене в подобных случаях является хотя и допускаемым порой [26–34], но не совсем достаточным подходом для определения исследований с выпадающими результатами, что требует дополнительных, уже мета-аналитических подходов.

Среди подобных подходов – как формально-статистический, так и экспертно-аналитический, то есть изучение сути сомнительного исследования, его эпидемиологического качества, системных отличий от других работ в выборке и т.п.³ (последнее уже было отчасти рассмотрено ранее [1]). В качестве формального подхода для оценки выпадающих источников при мета-анализе используется «Анализ чувствительности» [4] ('Sensitivity analysis' [3, 4, 35–37]; 'leave-one-out method' [35–37]), который заключается в последовательном осуществлении мета-анализа при удалении сомнительных вариантов и оценки полученных результатов в плане флуктуации конечного показателя, изменения гетерогенности выборки, модификации индекса публикационного смещения (publication bias) и др.

В настоящем исследовании «Анализ чувствительности» проводили, как и окончательные мета-анализы и мета-мета-анализ для показателей у врачей, с помощью программы WinPeri (ver. 11.60; free; J. Abramson; Israel), в которой предусмотрен соответствующий модуль. В табл. 1 и 2 представлены необходимые для дальнейшего исследования характеристики выборок SMR ($\pm 95\%$ доверительные интервалы; далее – CI) для суицидов у мужчин и женщин NW, сформированных на предыдущем этапе [1].

Из подборки данных для мужчин NW по критерию Шовене выпали три значения (см. в табл. 1). Исходная выборка не характеризовалась нормальным распределением ($\chi^2 = 43,2$, $df = 5$; $p < 0,00001$)⁴, но после удаления указанных вариантов становилась таковой ($\chi^2 = 9,6$, $df = 5$; $p = 0,088$). Из выборки для женщин NW (табл. 2) ни одна величина по критерию Шовене не выпадала, а распре-

деление нормальностью не отличалось ($\chi^2 = 58,7$; $df = 5$, $p < 0,00001$).

«Анализ чувствительности», однако, продемонстрировал не совсем совпадающие результаты (работы с вероятностью выпадения их результатов согласно названному анализу выделены в табл. 1 и 2 полужирным шрифтом). Для мужских когорт NW видно, что для двух из трех значений, выпавших по критерию Шовене, отмечается выпадение и при «Анализе чувствительности»: их удаление приводит к значительно меньшей гетерогенности выборки, чем последовательное удаление всех остальных вариантов. Одна величина (SMR = 1,89), полученная при изучении риска для NW U шахт, однако – «занятых на поверхности», выпала по критерию Шовене, но – не по «Анализу чувствительности» (см. в табл. 1). Тем не менее, изложенный ранее [1] экспертно-аналитический подход позволил *удалить все три величины*, поскольку в двух случаях не совсем ясен тип занятости (U шахтеры или NW; причем и тип источника – публикация в сборнике конференции – не совсем весомый). В третьем же случае для NW имелся параллельный эффект ряда тяжелых металлов, а не только U, и органических химических агентов.

Как видно из табл. 1, по числу Observed суицидов в сумме эти три исследования вносят весьма малый вклад («вес») – около 5% от всей группы⁵.

Для выборки SMR применительно к суицидам у женщин NW (табл. 2), как сказано, ни одно значение не выпало по критерию Шовене, но для двух исследований «Анализ чувствительности» демонстрирует необычайный эффект их элиминации: выборки становятся резко гомогенными (показатели гетерогенности I^2 очень низки). Но это – самые масштабные исследования, вносящие в сумму 44% от всех суицидов в общей выборке. Экспертный анализ качества этих работ также не позволяет усомниться в их значимости (см. в табл. 2): одна входит в pooled-анализ 12 ядерных инсталляций США, выполненный по гранту правительственной организации США, а вторая – это исследование для Los Alamos National Laboratory USA, в которой осуществлялся Манхэттенский проект, причем первым автором публикации выступает J.D. Voise, Jr, являющийся ведущим (если вообще не самым авторитетным) радиационным эпидемиологом США, выполнившим невероятно много подобных работ [39].

Таким образом, не представлялось корректным удаление этих вариантов из выборки, но в подобных случаях, при неустраиваемой статистической гетерогенности образца, рекомендуется или представлять данные только в виде Forest plot, не объединяя их [40], или выполнять мета-анализ как с наличием, так и с отсутствием вызывающих сомнения данных, сравнивая полученные результаты [35–37].

Суммарно окончательная выборка для мужчин NW превышала по числу суицидов женскую выборку в 7,5 раз (1712 против 227 – ср. суммы в табл. 1 и 2), однако более двух сотен случаев для женских когорт NW представляются размером выборки, также пригодным для исследования. Тем более, что наш систематический обзор продемонстрировал полноту собранных данных на тему [1].

⁵ Взвешивание каждого исследования осуществлялось здесь по одному из четырех рекомендованных в фундаментальном руководстве по мета-анализу [38] способов, а именно – по числу исследованных единиц («изучаемых пациентов/участников» [38] или, как здесь, изучаемых последствий) в каждой работе к общему числу таковых единиц во всей выборке.

² В общих когортах зарубежных NW, отнесенных нами к «мужчинам», имелось либо тотальное преобладание мужчин, либо представленность только ими на 80–92%, причем вклад когорт с 90–100% мужчин составил 73% (см. также в табл. 1 далее). Женские же когорты были абсолютно гомогенны по полу [1].

³ «Нет статистических способов компенсировать отсутствие эпидемиологического понимания». ('No statistical ways of compensating for lacking epidemiological insight') [14].

⁴ Оценку нормальности распределения здесь и далее осуществляли с помощью программы Statistica, ver. 10.

Таблица 1

Характеристики выборки для SMR фатальных суицидов в преимущественно мужских когортах зарубежных NW

Sample characteristics for SMR fatal suicides in predominantly male cohorts of foreign NW

Source*	Facilities	Observed	Weight Observed, %	Expected	SMR ($\pm 95\%$ CI)***	Sensitivity analysis, I^2 (that is, % of the sample with heterogeneity)
Frome EL, et al., 1997	USA; Oak Ridge National Laboratory (ORNL; nuclear plants; U enrichment for nuclear weapon); $n = 28.347$ (only white males)	146	8,10	155,32**	0,94 (0,79; 1,11)***	84
Dupree EA, et al., 1987	USA; U processing plant (Buffalo, New York); $n = 1551$ (80% males; 93% white)	6	0,33	7,60	0,79 (0,29; 1,72)	84
Yiin JH, et al., 2017	USA; U enrichment, pooled 3 facilities; $n = 29.303$ (81% males; 93% white)	198	10,99	253,85	0,78 (0,68; 0,90)	83
Reyes M, et al., 1991	USA; Mound Facility (^{210}Po or ^{238}Pu); $n = 4697$ (only males)	27	1,50	23,28	1,16 (0,76; 1,69)***	84
Liu Z, et al., 1992	USA; Th processing plant; $n = 3119$ (only males)	13	0,72	17,53	0,74 (0,39; 1,27)	84
Fry SA, et al., 1996	USA; Department of Energy (DOE; all facilities); $n = 1404$ (only white males)	11	0,61	9,02**	1,22 (0,61; 2,19)	84
Boice JD, Jr, et al. Radiat Res. 2006;166(1 Pt 1):98–115. DOI: 10.1667/RR3582.1	USA; Rocketdyne facilities (Atomics International); $n = 5801$ (92% males)	31	1,72	42,27**	0,67 (0,45; 0,95)	83
Boice JD, Jr, et al. Int J Radiat Biol. 2022a;98(4):722–49. DOI: 10.1080/09553002.2021.1917784	USA; Los Alamos National Laboratory (LANL; Manhattan Project; nuclear weapons research); $n = 26.328$ (only males)	284	15,76	232,79**	1,08 (0,95; 1,22)***	82
National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Final report, 2001	USA; Portsmouth Gaseous Diffusion Plant (U enrichment workers); $n = 8877$ (77% white males; 17% white females)	27	1,50	45,04	0,60 (0,39; 0,87)	83
Boice JD, Jr, et al., 2008	USA; Grants, New Mexico (U mill; never worked at an underground mine); $n = 718$ (91% males)	3	0,17	4,10	0,73 (0,15; 2,14)	84
Boice JD, Jr, et al. Int J Radiat Biol. 2022b;98(4):657–78. DOI: 10.1080/09553002.2021.1967507	USA; Nuclear power plants (NRC REIRS database***); $n = 130773$ (only males)	817	45,34	1034,18**	0,79 (0,74; 0,85)***	80
Milder CM. PhD Dissert., 2022	USA; U process (Middlesex Sampling Plant, Mallinckrodt Chemical Works, and Fernald Feed Materials Production Center); $n = 8407$ (only males)	76	4,22	99,19	0,78 (0,61; 0,98)	84
Bouet S. PhD Dissert., 2018	France; U millers; $n = 1291$ (91% males)	11	0,61	15,49**	0,71 (0,35; 1,27)	84
Bouet S. PhD Dissert., 2018; Bouet S., 2019	France; U from plants in the nuclear fuel cycle (TRACY U cohort); $n = 4541$ (87% males)	42	2,33	47,19**	0,89 (0,64; 1,21)	84
Engels H, et al., 2005	Belgium; NW (5 facilities: nuclear power plants (2); nuclear waste treatment; fuel production, and Nuclear Research Centre); $n = 5910$ (only males)	20	1,11	23,70	0,84 (0,56; 1,18)	84
Falls out about Chauvenet's criterion:						
Figgs LW, et al., 2011	USA; Paducah Gaseous Diffusion Plant (U enrichment; metal exposures (As, Be, Cr, Ni) and trichloroethylene); $n = 6820$ (only males; 99% white)	39	2,16	18,71	2,10 (1,40; 2,70)	76
Nair RC, et al., 1985a	Canada; Eldorado Resource Limited; U mines in Port Radium; workers only on surface, not mining	11	0,61	5,84	1,89 (0,94; 3,37)***	83
Nair RC, et al., 1985b	Canada; Eldorado Resource Limited; U mines in Beaverlodge; workers only on surface, not mining	40	2,22	17,78	2,25 (1,61; 3,06)***	75

Примечание:

* Полные ссылки см. в Сообщении 1 (табл. 2) [1]. For full references see Report 1 (table 2) [1]

** Рассчитано нами по приведенным в оригиналах SMR и числу Observed суицидов. Calculated by us based on the SMR and the number of Observed suicides presented in the originals

*** SMR и/или 95% CI рассчитаны нами по исходным данным из оригинала (по значениям Observed/Expected или Observed + Risk (что позволяет рассчитать Expected) суицидов). SMR and/or 95% CI calculated by us based on the original data (based on the Observed/Expected or Observed + Risk (which allows us to calculate Expected) suicides)

Мета-анализы и pooled-анализы

На рис. 1 и 2 представлены соответствующие Forest plots выборок SMR для суицидов у мужчин и женщин NW, а в табл. 3 – результаты всех мета-анализов и pooled-анализов⁶.

⁶ Pooled-анализ заключался в определении SMR $\pm 95\%$ CI как отношения сумм всех Observed/Expected суицидов, пред-

Из табл. 3 следует отсутствие при мета-анализах признаков публикационного уклона/смещения (publication bias; то есть опубликования авторами и представленных в табл. 1 и 2. Расчет SMR, 95% CI и оценку значимости отклонений SMR от единицы осуществляли с использованием соответствующего модуля упомянутой программы WinPepi.

Таблица 2

Характеристики выборки для SMR фатальных суицидов в женских когортах зарубежных NW
 Sample characteristics for SMR fatal suicides in female cohorts of foreign NW

Source*	Facilities	Observed	Weight Observed, %	Expected	SMR ($\pm 95\%$ CI)	Sensitivity analysis, I^2 (that is, % of the sample with heterogeneity)
NIOSH Grant report, 2000	Fernald (USA)	1	0,44	2,13**	0,47 (0,01; 2,62)***	62
NIOSH Grant report, 2000	Hanford (USA)	40	17,62	34,78**	1,15 (0,82; 1,57)***	62
NIOSH Grant report, 2000	K-25 (USA)	31	13,66	35,63**	0,87 (0,59; 1,23)***	61
NIOSH Grant report, 2000	Mound (USA)	8	3,52	4,91**	1,63 (0,70; 3,21)***	61
NIOSH Grant report, 2000	Pantex (USA)	2	0,88	2,20**	0,91 (0,01; 3,28)***	63
NIOSH Grant report, 2000	Rocky Flats (USA)	3	1,32	3,66**	0,82 (0,17; 2,40)***	63
NIOSH Grant report, 2000	Savannah River (USA)	5	2,20	6,58**	0,76 (0,25; 1,77)***	62
NIOSH Grant report, 2000	X-10 (USA)	14	6,17	13,73**	1,02 (0,56; 1,71)***	63
NIOSH Grant report, 2000	Y-12 (USA)	51	22,47	82,26**	0,62 (0,46; 0,82)***	28
NIOSH Grant report, 2000	Zia (USA)	6	2,64	9,23**	0,65 (0,24; 1,41)***	61
Boice JD, Jr, et al., 2008	USA; Grants, New Mexico (U miller + miners); $n = 245$	1	0,44	0,5	2,0 (0,06; 11,40)***	62
Milder CM. PhD Dissert., 2022	USA; U process (Middlesex Sampling Plant, Mallinckrodt Chemical Works, and Fernald Feed Materials Production Center); $n = 988$	5	2,20	3,28	1,52 (0,49; 3,56)***	62
Boice JD, Jr, et al., 2022b	USA; Nuclear power plants (NRC REIRS database***); $n = 4420$ (only females)	10	4,41	10	1,00 (0,48; 1,84)***	63
Boice JD, Jr, et al., 2022a	USA; Los Alamos National Laboratory (LANL; Manhattan Project; nuclear weapons research); $n = 6524$	49	21,59	25,52	1,92 (1,42; 2,54)***	5
Engels H, et al., 2005	Belgium; NW (5 facilities: nuclear power plants (2); nuclear waste treatment; fuel production, and Nuclear Research Centre); $n = 1319$	1	0,44	0,6	1,52 (0,06; 4,52)	63

Примечание: *, **, *** – см. прим. к табл. 1. see note to table 1

редакциями только «положительных» результатов [3, 4, 9, 41, 42]). Согласно ‘Regression asymmetry test’ для Funnel plot от M. Egger et al [41, 42], для величины $p < 0,1$ [так] [41, 42] можно говорить о подозрении на указанный bias. Хотя интерпретация ассиметрии Funnel plot может быть и иной: высокая гетерогенность выборки, недостаточное качество включенных мало-масштабных исследований, случайности и пр. [42]. Использование специального модуля программы WinPeri продемонстрировало здесь, что при мета-анализах SMR для мужских и женских когорт NW вероятности p в Egger’s test составили значительные величины – от 0,887 до 0,965 (см. в табл. 3).

При этом следует сказать, что поиски публикационного смещения для анализируемых здесь исследований, скорее всего, нецелесообразны и даже формальны. Поскольку, в отличие от контролируемых испытаний неких препаратов, средств терапии или методов хирургии, либо для эпидемиологических оценок рисков экологических факторов, в нашем случае конъюнктура при отборе данных для публикаций маловероятна. Ибо – цели работ по рискам для NW вряд ли могут иметь субъективный характер. Как правило, это исследования по грантам правительства или министерств, и сомнительно, что их результаты могут быть кем-то «отобраны» (не всегда даже понятно, какова может быть целевая конъюнктура – увеличить или уменьшить риски для NW). А для суицидов, которые далеко не главные в списке оцени-

ваемых рисков для NW (что, на наш взгляд, не совсем правомерно [1]), таковая конъюнктура и вовсе неправдоподобна⁷.

Из данных в табл. 3 видно далее, что для мужчин NW выявляется отчетливый и статистически значимый⁸ «Эффект здорового работника» (‘Healthy worker effect’) по показателям суицидов – их число относительно населения меньше на 15%. Конечно, по величине эффекта это не снижение общей смертности на 27–38% [43, 44], но относительно близко к снижению смертности от всех раков – на 12–26% [43–46] у NW сравнительно с населением, что было показано как в нашем [43], так и в ряде зарубежных [44–46] мета-анализов. И можно заключить, что такой показатель профессионального благополучия, как частота суицидов (см. в [1]), демонстрирует значимо лучшее сравнительно с населением психологическое состояние мужчин NW, несмотря на всю ответственность и даже, порой, опасность данного типа занятости.

Однако для женщин NW «Эффект здорового работника» отсутствует, хотя «Эффект нездорового работни-

⁷ В связи со сказанным, мы редко [28] приводим при мета-анализах показателей у NW графики Funnel plot, загромождая публикации для буквального следования стандартным прописям методики [3, 4, 9, 35]. На наш взгляд, обычно достаточно выполнения Eggers’s test [3, 4, 9, 41, 42].

⁸ Как видно из табл. 3, SMR статистически значимо меньше 1,0; верхний 95% CI <1,0 (обоснование см. в [42]).

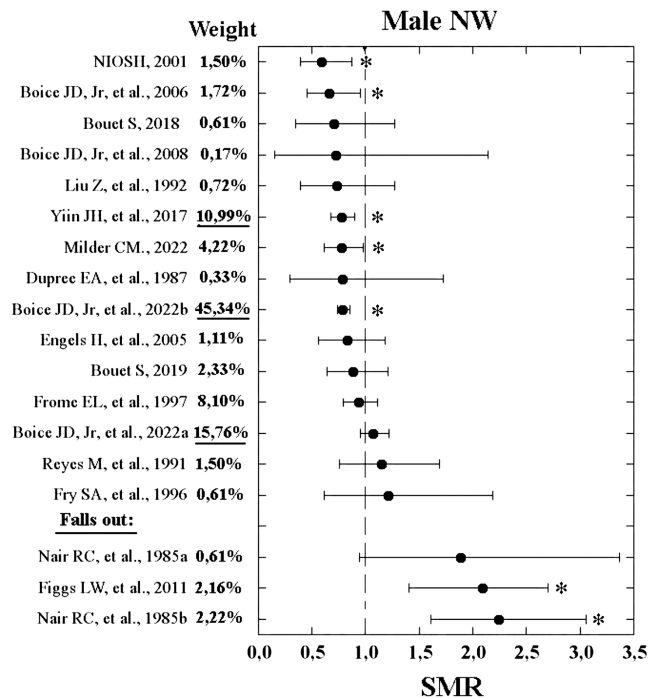


Рис. 1. Forest plot выборки исследований SMR ± 95% CI для суицидов в мужских и преимущественно мужских когортах NW (полные ссылки здесь и далее см. в Сообщении I [1]). Здесь и далее: звездочка – статистически значимые отличия SMR от 1,0 (рассчитано с помощью программы WinPepi); указаны весовые вклады (в %) каждого исследования в общее число суицидов в выборке; графики построены с помощью программы Statistica, ver. 10

Fig. 1. Forest plot of the study sample for SMR ± 95% CI for suicide in male and predominantly male NW cohorts (for full references here and further, see Report I [1]). Here and below: asterisks indicate statistically significant differences in SMR from 1.0 (calculated using WinPepi); weighted contributions (in %) of each study to the total number of suicides in the sample are indicated; graphs were constructed using Statistica ver. 10

ка» («Unhealthy worker effect» – редкое понятие, но все же используется [47, 48]) также отсутствует – показатель SMR практически не превышает риск для населения (табл. 3). О практической важности феномена разницы рисков суицидов у мужчин и женщин NW сказано в следующем разделе.

Из полученных данных (табл. 3) следует в целом хорошее совпадение результатов мета-анализов с резуль-

⁹ При поиске на “Healthy worker effect” и “Unhealthy worker effect” через PubMed, Embase и Google Scholar разница в числе ссылок составляет 125–169 раз. Первый раз термин ‘Unhealthy worker effect’ встречается в 1979 г. [47], через считанные годы после введения термина ‘Healthy worker effect’ в 1974 г. [49].

Таблица 3

Мета-анализы и pooled-анализы SMR для суицидов в мужских и в женских когортах NW
Meta-analyses and pooled analyses of SMR for suicide in male and in female NW cohorts

Group	n (number of studies)	SMR (± 95% CI)	p compared to 1,0
NW male. Meta-analysis (random). $H = 1,5$; $I^2 = 54\%$; Egger’s test: $p = 0,887$	15	0,85 (0,77; 0,94)	$\chi^2 = 9,97$; DF = 1; $p = 0,002$
NW male. Pooled-analysis	15	0,85 (0,81; 0,89); equal to meta-analysis data	$p < 0,001$
NW female. Meta-analysis for all sample (random). $H = 1,6$; $I^2 = 60\%$; Egger’s test: $p = 0,910$	15	1,04 (0,79; 1,37)	$\chi^2 = 0,09$; DF = 1; $p = 0,770$
NW female. Meta-analysis with elimination data for Y-12 installation and for Los Alamos National Laboratory (fixed = random). $H = 1,0$; $I^2 = 0\%$; Egger’s test: $p = 0,965$	13	1,03 (0,85; 1,24);	$\chi^2 = 0,08$; DF = 1; $p = 0,781$
NW female. Pooled-analysis for all sample	15	0,97 (0,84; 1,10); 7% less than in the meta-analysis	$p = 0,630$
NW female. Pooled-analysis with elimination data for Y-12 and for Los Alamos National Laboratory	13	1,00 (0,83; 1,19); 3% less than in the meta-analysis	$p = 0,969$

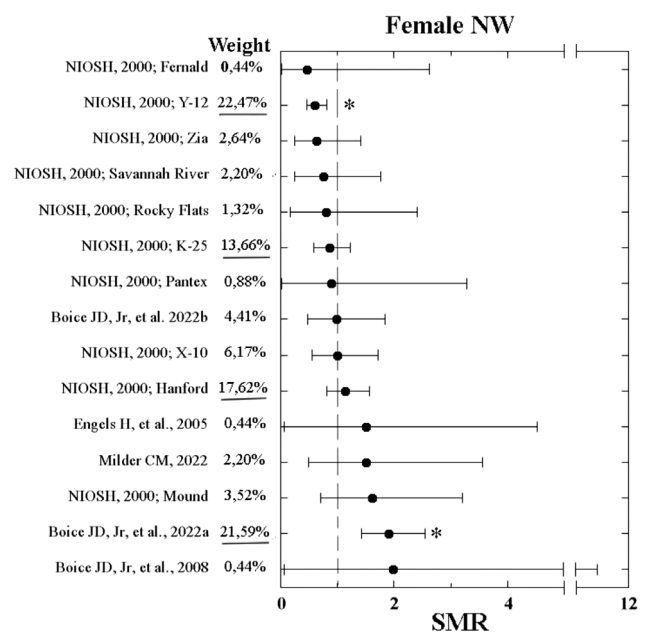


Рис. 2. Forest plot выборки исследований SMR ± 95% CI для суицидов в женских когортах NW. Для отчета NIOSH, 2000 представлены названия ядерных инсталляций

Fig. 2. Forest plot of the study sample for SMR ± 95% CI for suicide in NW female cohorts. For the NIOSH 2000 report, nuclear installation names are provided

татами pooled-анализов, а применительно к мужской когорте NW – и абсолютное. Для различных медико-биологических показателей подобная закономерность встречается нечасто. Так, хотя мы не осуществляли широкого поиска, однако среди обнаруженных исследований с параллельными мета- и pooled-анализами (методу поиска см. в прим. 1) было всего одно с указанным совпадением (разница всего в 4%) [50]. Отмечалось также, что когда мета-анализ основывается на относительно большом числе исследований, то его результаты, как правило, выше, чем результаты pooled-анализа [15]. На деле величина выборки в работе [15], посвященной риску рака пазух носа у работников деревообрабатывающей промышленности, соответствовала проанализированным нами выборкам и также состояла всего из 15 исследований. Аналогичная закономерность была выявлена при оценке безопасности лекарственных препаратов: по сравнению с плацебо RR¹⁰ по данным мета-анализа составил 1,78 (95% CI: 1,02; 3,12), а pooled-анализа – 1,00 (95% CI: 0,59; 1,70) [19].

¹⁰ RR – Relative Risk; относительный риск.

В то же время, приведенный в специальном обзоре [21] пример на тему продемонстрировал превышение значений риска, полученных при pooled-анализе, сравнительно как с отдельными исследованиями («парадокс Симпсона»; ‘Simpson paradox’ [17–19, 24, 51]), так и, понятно, сравнительно с гипотетическим соответствующим мета-анализом [21]. То же самое было выявлено реально и в исследовании [24].

Таким образом, в зависимости от условий, от гетерогенности выборки с порой резко различающимися вкладами отдельных исследований (к этому см. табл. 1 и 2) и вследствие «парадокса Симпсона», базирующегося на дисбалансе во вмешивающемся факторе на разных уровнях интересующей переменной (скажем, смешивание мужских и женских когорт при определении связанного с полом эффекта) [17], результаты мета-анализа и pooled-анализа могут отличаться в разные стороны. Однако в нашем случае данные практически совпадают; более того, удаление для женских когорт NW двух вариантов, сомнительных по «Анализу чувствительности» (см. выше), слабо отразилось на результатах мета-анализа и pooled-анализа (разница в 1% и 3% соответственно). При этом можно обратить внимание (см. в табл. 3), что элиминация указанных вариантов (суммарным весом в 44% от всех суицидов в исследовании) снизила результаты мета-анализа для женщин NW только на 1%, а pooled-анализа – на 3%. Последнее было связано, вероятно, с удалением масштабных (вклад 22,5%) данных для инсталляции США Y-12 из работы NIOSH Grant Report, 2000 (ссылка см. в [1]) с одним из наиболее низких показателей SMR (см. рис. 2 и табл. 2). Мета-анализ, в отличие от pooled-анализа [11, 16] предусматривающий взвешивание источников по размеру выборок или дисперсии [3, 4, 9, 11, 16], ощутимо нивелировал эффект указанного выброса – разница результатов составила не 3% (как для pooled-анализа), а всего 1%. Это подтверждает выводы некоторых авторов [14, 17–19], что при высокой гетерогенности выборки и разным вкладе в разные исследования мета-анализ по конечным данным работ может быть предпочтительнее. Однако, как бы там ни было, в целом совпадение данных мета-анализов и pooled-анализов в нашем случае велико, и это подтверждает достоверность и обоснованность полученных результатов.

Сравнение SMR для суицидов в мужских и женских когортах NW

Выборки для мужчин и женщин NW (табл. 1 и 2) на две трети представлены разными ядерными инсталляциями. Только в пяти работах имелись параллельные исследования когорт обоего пола (см. ниже), но и это, на наш взгляд, большое достижение, учитывая специфичность и тип занятости, а также изучаемого вида риска.

На первом этапе сравнения нами были выстроены в порядке увеличения SMR все исследования NW обоих полов; как уже отмечалось, их количества случайно совпали. Данные представлены на рис. 3.

Из рис. 3 видны отчетливые, можно сказать, чрезвычайные отличия кривых для частоты суицидов между полами. Если для мужчин NW «Эффект здорового работника» (или тенденция к таковому) выявлялся для 12 инсталляций из 15 (80%), то для женщин NW, помимо более слабого эффекта, таковой регистрировался только для 7 предприятий (47%). И имеется высокозначимое статистическое отличие между показателями у мужчин и женщин NW по U-тесту Манна–Уитни¹¹.

¹¹ Поскольку, как указано выше, выборка для женщин NW не отличалась нормальностью, то был использован только непараметрический критерий оценки. Хотя по *t* критерию Стьюдента (вновь Statistica, ver. 10) отличия между выборками были еще более статистически значимы ($p = 0,005$).

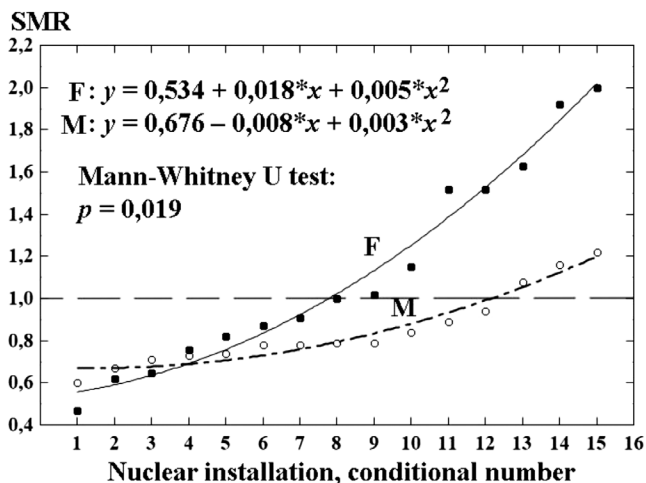


Рис. 3. Сравнение SMR для частоты суицидов в мужских (М) и женских (F) когортах NW. По оси абсцисс – условный номер ядерной инсталляции (расположены по возрастанию SMR); по оси ординат – SMR для суицидов. Выбор оптимальной функции для формулировки регрессии осуществляли с помощью программы IBM SPSS Statistics, ver. 20 (сленг программы – «подгонка кривых»). Оценку статистической значимости отличий между величинами двух выборок по U-критерию Манна–Уитни здесь и далее проводили с помощью программы Statistica, ver. 10

Fig. 3. Comparison of suicide SMR for NW male (M) and female (F) cohorts. The abscissa shows the nuclear installation number (arranged in ascending order of SMR); the ordinate shows the SMR for suicides. The optimal function for formulating regressions was selected using IBM SPSS Statistics, ver. 20 (the program's slang is 'curve fitting'). The statistical significance of differences between the values of the two samples here and below was assessed using the Mann–Whitney U test using Statistica, ver. 10

Проблема гендерных различий для величины «Эффекта здорового работника», но применительно к общей смертности или смертности от рака, исследовалась для ряда профессий, включая NW. Единых закономерностей не выявлено: на одних предприятиях эффект был более выражен у женщин, а на других – у мужчин NW, либо значения оказывались равновеликими (см. в обзоре [52]).

В целом, если использовать результаты мета-анализов для SMR, представленные в табл. 3, то отношение показателя для женщин NW к показателю для мужчин NW составляет 1,22 (95% CI: 1,00; 1,47)¹². Мета-анализ, как уже говорилось, в данном случае выглядит более представительным, чем pooled-анализ, учитывая большую разницу во вкладах разных исследований в выборку.

Отношение, равное 1,22 (то есть разница всего в 22%), может показаться слишком малым, если сравнивать с визуальным впечатлением от разницы двух кривых на рис. 3. И вопрос об истинной величине различий в частоте суицидов у женщин и мужчин NW остался бы без окончательного ответа, если бы не наличие пяти ядерных инсталляций, в которых были параллельно изучены показатели у обоих полов (см. про одинаковые инсталляции в табл. 1 и 2). Из пяти исследований четыре представлены предприятиями США (Voice J.D., Jr, et al., 2008; 2022a; 2022b; Milder C.M., 2022), а одно – Бельгии (Engels H., et al., 2005). Для этих ядерных инсталляций рассчитывались средние значения (Mean), 95% CI и значимость разницы средних величин применительно к мужским и женским когортам NW (рис. 4).

Средние значения SMR для женщин и мужчин NW составили соответственно 1,59 (95% CI: 1,10; 2,09) и 0,84 (95% CI: 0,67; 1,01), а отношение рисков – 1,89 (95% CI: 1,61; 2,20)¹³. То есть частота суицидов у жен-

¹² Рассчитано с помощью программы WinPepi.

¹³ Рассчитано с помощью программы WinPepi.

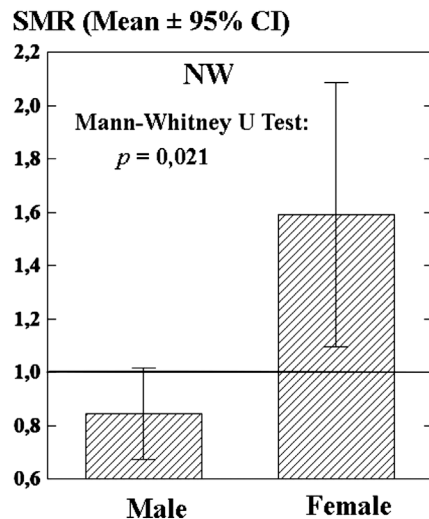


Рис. 4. Сравнение средних значений SMR для суицидов в мужских и женских когортах NW для одних и тех же ядерных установок. U-критерий Манна-Уитни: $p = 0,021$

Fig. 4. Comparison of mean SMR values for suicides in male and female NW cohorts for the same nuclear installations. Mann-Whitney U test: $p = 0.021$

щин NW сравнительно с мужчинами NW больше в 1,9 раза при отсутствии, по результатам синтетических исследований, «Эффекта здорового работника». Много это или мало сравнительно с частотой суицидов для других профессий?

Обратный «гендерный парадокс» для NW (относительное психологическое неблагополучие женщин) максимален среди всех профессий

Применительно к суицидам, прямой «гендерный парадокс», как сказано, известный еще с XIX в., заключается в том, что при значительном преобладании женщин в нефатальном суицидальном поведении имеется значительное преобладание мужчин в завершенных суицидах, причем у женщин и у мужчин обнаруживаются разные факторы риска для суицидов (в качестве миниобзора см. [1]). «Гендерный парадокс» продемонстрирован для населения всех изученных стран, кроме Китая: кратная разница в частоте суицидов между мужчинами и женщинами составляет (исследование от 2012 г.): 4 – в Европе, 3,6 – в США, 1,3 – в Западной Океании и 1,1 в Восточном Средиземноморье. В Турции (работа от 2018 г.) соответствующее отношение имеет величину 2,5 (ссылки см. в [1]).

Однако для гендерного различия в частоте суицидов на производстве столь резкие отличия не имели места: по данным мета-анализа [53], показатели для мужчин и женщин в целом, интегрально для всех типов занятости, оказались равновелики. Неоднозначная зависимость в плане гендерных различий по частоте суицидов для разных профессий отмечалась и в швейцарском исследовании [54].

Названный парадокс может иметь и обратный характер. Насколько было известно до сих пор, среди всех профессий для частоты суицидов наиболее резко обратный «гендерный парадокс» наблюдается у врачей, о чем свидетельствует масса отдельных исследований (по крайней мере с 1960 г.) и нарративных обзоров (см. в [1]). Этот вопрос для врачей оказывается особенно актуальным, ибо, несмотря на невероятный, сравнимый с космонавтами, пилотами и военными «Эффект здорового работника» как по показателю общей смертности,

так и по смертности от всех злокачественных новообразований, обнаруженный у медиков за последние лет 70 [26, 55, 56]¹⁴, резко повышенная частота суицидов остается специфическим показателем, отличающим их от населения [5–8].

Поскольку нами был выявлен отчетливый обратный «гендерный парадокс» для зарубежных NW (и тенденция к таковому для отечественных NW [1]), то представляло интерес сравнение его величины с показателями для тех профессий, где он наиболее выражен. Для врачей, как сказано, число подобных исследований оказывается немеренным, и потому нами были взяты для сравнения результаты всех четырех мета-анализов, которые выполнены к настоящему времени на данную тему [5–8]. Характеристики этих исследований отображены в табл. 4.

Как уже отмечалось в Сообщении 1 [1], хотя, в теории («Cochrane Collaboration» и пр.), систематический обзор и мета-анализ обязаны охватить все имеющиеся на данный момент исследования [3, 9], странным образом далеко не все работы в мета-анализах для суицидов у врачей пересекались; более поздние из мета-анализов не всегда включали все работы из более ранних. При этом систематический обзор и мета-анализ рассматриваются как вершина доказательности в доказательной медицине и эпидемиологии [9, 11, 16, 17], как «платиновый стандарт» [57], а мета-мета-анализ, охватывающий подобные отдельные «стандарты», имеет, таким образом, еще более высокую значимость [58, 59]. Но – при условии исключения пересекающихся работ и пр. поправок [59]. В нашем случае были выполнены два отдельных мета-мета-анализа для показателей SMR из мета-анализов по суицидам для врачей мужчин и женщин, и, затем, рассчитано отношение полученных значений. Однако, учитывая возможность ограничений вследствие пересечения включаемых в разные мета-анализы первичных источников (что, конечно, имело место), представлялось уместным привести также результаты самого последнего и самого масштабного, отдельного мета-анализа от 2024 г. [8].

Был выполнен также поиск данных по обратному «гендерному парадоксу» и в других источниках, в которых исследовалась частота суицидов для мужчин и женщин разных профессий; наиболее иллюстративными оказались упомянутые ранее мета-анализ [53] и изучение частоты суицидов для различных типов занятости в Швейцарии [54]. Отношение SMR для суицидов у мужчин и женщин было рассчитано и для медицинских радиологов – то есть для другой категории занятых, пер-

¹⁴ По данным проведенного двумя первыми авторами настоящего исследования pooled-анализа [55], начиная с 1940-х гг. наблюдается статистически значимый линейный тренд убыви общей смертности зарубежных врачей (для стран СНГ данных нет) сравнительно с населением (SMR) в зависимости от декады. То есть с каждым десятилетием разрыв между смертностью врачей и населения все увеличивается (в XIX в. и в начале XX в. было наоборот). Для 2010-х гг. объединенное значение SMR по общей смертности медиков составило 0,38; для смертности от всех раков значимых хроно-изменений выявлено не было, но индекс SMR с 1940-х гг. до 2010-х гг., по данным pooled-анализа, оказался также впечатляющим: 0,6 (хроно-колебания по декадам от 0,47 до 0,87) [56]. Поскольку в ряде исследований других авторов не удалось напрямую связать эти феномены с образом жизни и профессиональными навыками врачей (особенно для снижения смертности от рака) [55], то двумя первыми авторами представленного сообщения был сделан вывод о том, что выявленные закономерности демонстрируют, в первую очередь, успехи медицины и ее возможности при непосредственном доступе к ней и пр. [55].

Таблица 4

Все имеющиеся мета-анализы по риску суицидов у врачей сравнительно с населением
All meta-analyses performed on the risk of suicide in physicians compared with the general population

Source	Time range for included studies	Male: n^* , SMR ($\pm 95\%$ CI)	Female: n^* , SMR ($\pm 95\%$ CI)	Ratio M/F SMR (95% CI)**
Schernhammer ES, Colditz GA. Am J Psychiatry. 2004;161(12):2295–302. DOI: 10.1176/appi.ajp.161.12.2295	1966–2003	$n = 24$. SMR = 1,41 (1,21; 1,65)	$n = 13$. SMR = 2,27 (1,90; 2,73)	1,61 (1,41; 1,83)
Dutheil F. PLoS One. 2019;14(12):Article e0226361. 28 p. DOI: 10.1371/journal.pone.0226361	To 2019	$n = 23$. SMR = 1,24 (1,05; 1,43)	$n = 15$. SMR = 1,94 (1,49; 2,58)	1,56 (1,35; 1,79)
Duarte D, et al. JAMA Psychiatry. 2020;77(6):587–97. DOI: 10.1001/jamapsychiatry.2020.0011	Before 1980 to 2019	$n = 10$. SMR = 0,67 (0,55; 0,79)	$n = 10$. SMR = 1,46 (1,02; 1,91)	2,18 (1,84; 2,55)
Zimmermann C, et al. BMJ. 2024;386:Article e078964. 11 p. DOI: 10.1136/bmj-2023-078964.	1960–2024	$n = 38$. SMR = 1,05 (0,90; 1,22)	$n = 26$. SMR = 1,76 (1,40; 2,21)	1,68 (1,44; 1,93)
Мета-мета-анализ (Random)	–	$n = 4$. $H = 3,7$; $I^2 = 94\%$; Egger's test: $p = 0,139$. SMR = 1,06 (0,78; 1,42)	$n = 4$. $H = 1,5$; $I^2 = 56\%$; Egger's test: $p = 0,136$. SMR = 1,88 (1,57; 2,26)	1,77 (1,53; 2,04)***

Примечание:* n – число исследований, включенных в мета-анализ. n – is the number of studies included in the meta-analysis

** Рассчитано с помощью программы WinPepi. Calculated using WinPepi programme

*** Среднее значение для отношений из отдельных мета-анализов: SMR = 1,76 (95% CI: 1,30; 2,21). The mean for the ratios from individual meta-analyses was: SMR = 1.76 (95% CI: 1.30; 2.21)

Таблица 5

Отношения риска суицидов у женщин сравнительно с риском у мужчин для различных профессий и типов занятости, характеризующихся обратным «гендерным парадоксом»

Ratios of suicide risk in female compared with risk in male for different occupations and types of employment characterized by the reverse 'gender paradox'

Type of profession	Female/Male suicide risk ratio
Supervisors/low-level management and skilled labour / Руководители/менеджеры низшего звена и квалифицированные рабочие (SMR; Switzerland [54])	1,04
Unemployed/job-seeking / Безработные/ищущие работу (SMR; Switzerland [54])	1,08
USA Radiologists (врачи-радиологи; calculated by us based on data from [60])	1,10
Military (Rate Ratio*; meta-analysis [53])	1,12
Professionals and senior management / Профессионалы и высшее руководство (SMR; Switzerland [54])	1,20
Top management and independent professions / Высшее руководство и независимые специалисты (SMR; Switzerland [54])	1,23
South Korea Radiologists (врачи-радиологи; calculated by us based on data from [61])	1,24
Professionals / Технические специалисты и вспомогательные работники (Rate Ratio*; meta-analysis [53])	1,34
Service personnel such as police and sales workers / Сервисный персонал: полицейские, продавцы и др. (Rate Ratio; meta-analysis [53])	1,51
Physicians / Врачи (SMR; the latest and most representative meta-analysis of 2024 [8])	1,68
Physicians / Врачи (SMR; presented meta-meta-analyses including [5–8])	1,77
USSR/Russian NW (crude ratio calculated based on data from [63]; presented Report 1 [1])**	1,50
Foreign NW (SMR; presented Report 2)	1,89

Примечание:

* Rate Ratio (RRs [53], не путать с относительным риском – RR): отношение риска суицидов в профессиональной группе к риску для всех занятых или представителей всех профессий (нет данных о стандартизации по половозрастным характеристикам) [53]. Rate Ratio (RRs [53], not to be confused with relative risk – RR): the ratio of the suicide risk in an occupational group to the risk for all employed people or representatives of all occupations (no data on standardization by age and sex characteristics) [53]

** Отношение невзвешенных и нестандартизованных рисков для NW сравнительно с населением. Unweighted and unstandardized risk ratio for NW compared to general population

манентно имеющих дело, как и NW, с лучевым фактором [60, 61]¹⁵.

Суммарная сводка данных для профессий с обратным «гендерным парадоксом» представлена в табл. 5.

При анализе данных из табл. 5 обращает на себя внимание, что обратный «гендерный парадокс» сильно выражен для врачей в целом, но намного менее характерен для медицинских радиологов. Это свидетельствует, что лучевой фактор влияет на психологическое состояние женского контингента слабее (если вообще влияет), чем сама медицинская профессия.

Серьезным предположением, достаточно прискорбным, следующим из данных в табл. 5, может быть то, что опасные, ответственные, руководящие и неупорядоченные (с постоянной собранностью) типы занятости, явно характеризующиеся повышенным профессиональным стрессом, отражаются на женской психике серьезнее и даже намного серьезнее, чем на мужской. Равно как и вообще стрессорные состояния (безработица и т.п.). Указывалось на разные способы преодоления стресса мужской и женской психикой: если в первом случае чаще наблюдаются алкогольная и наркотическая зависимости, то во втором – уход в тревожные расстройства и т.п. [62]. По всей видимости, первый «способ» потенциально менее чреват суицидами, хотя в этот вопрос мы здесь не углубляемся.

Весьма прискорбна ситуация с профессиональным стрессом для врачей, несмотря на всю величину для них «Эффекта здорового работника» по основным показателям смертности [55, 56]. Если для многих профессий, включая NW, уменьшить вклад женского контингента вполне возможно (а в ряде таковых, приведенных в табл. 5, он и так мал), то для медиков какое-либо сокращение женского персонала представить себе невозможно.

А для NW видно, что величина обратного «гендерного парадокса» не только равновелика, но даже может превышать его максимальную величину, зарегистрированную для врачей. То есть показатель психологического неблагополучия для женщин NW выше всего, макси-

¹⁵ Нами осуществлялся поиск исследований, посвященных SMR для суицидов у радиологов, но оказались обнаруженными только две эти работы [60, 61] (поиск через Google Scholar на: ["suicides" AND "radiologists" AND "SMR"] – 46 ссылок; ["suicides" AND "radiologists" AND "Standardized Mortality Ratio"] – 26 ссылок; через PubMed на эти конструкции выявилась всего одна работа без нужных данных.

мально выявленного ранее для какой-либо профессии. Конечно, число женщин NW многократно ниже, чем мужчин: суммирование величин когорт из тех пяти инсталляций, для которых исследовалась частота суицидов и мужчин, и женщин, показало разницу в 12,8 раз (женщин 7,8%). Это данные в основном для США, в то время как для ПО «Маяк» вклад женщин на разных производствах составляет 19–27% [63–65]. Полученные нами данные указывают на наивысшее профессиональное (не сравнительно с населением – см. SMR в табл. 3) психологическое неблагополучие женщин NW сравнительно с мужчинами NW. По всей видимости, численность женских контингентов, непосредственно занятых на производстве в сфере ядерной индустрии, следует уменьшать по-максимуму, а к оставшимся необходимо применять повышенное и расширенное, дифференцированное по полу психологическое и психофизиологическое сопровождение.

Разумеется, при интерпретации полученных здесь данных речь никак не может идти об индуцировании облучением суицидов при тех низких дозах, которые накопили зарубежные NW в изученной здесь выборке работ (см. в Сообщении [1]). К тому же абсурдно предполагать столь разную радиочувствительность психики мужчин и женщин. И здесь полезно рассмотреть риск суицидов для другого, уже упомянутого профессионального контингента, непосредственно связанного с лучевым воздействием, то есть для медицинских радиологов. В нашем более раннем исследовании показано, что категория «мировые NW» всех периодов занятости, сравнительно с категорией «мировые медицинские радиологи» тех же периодов (то есть с 1940-х гг.), имеет в среднем двукратно меньшие накопленные кумулятивные дозы облучения [66]. Однако для радиологов, к примеру, США [60] и Южной Кореи [61] продемонстрирован по суицидам значительный «Эффект здорового работника». Этот эффект бесспорно выявлен для американских и корейских радиологов-мужчин: SMR составили соответственно 0,66 (95% CI: 0,58; 0,75) и 0,49 (95% CI: 0,42; 0,57); оба значения статистически значимо отличны от единицы¹⁶. Для женщин-радиологов из США имеется отчетливая тенденция к «Эффекту здорового работника»: SMR = 0,82 (95% CI: 0,66; 1,01), что на грани значимости ($p = 0,057$), а для корейских женщин-радиологов значимость эффекта уже беспорна: SMR = 0,54 (95% CI: 0,41; 0,70).

Таким образом, даже более высокие дозы хронического облучения не приводят к увеличению риска суицидов сравнительно с населением, поэтому максимальный обратный «гендерный парадокс», обнаруженный здесь для NW, очевидно, никак не связан с собственно лучевым воздействием в физическом смысле.

С другой стороны, и для врачей [55, 56], и для NW [26, 27, 43, 44], как указывалось выше, по индексу общей смертности (основной показатель, обратный Life Expectancy – ожидаемой продолжительности жизни [67]) продемонстрирован «Эффект здорового работника» такой величины, что изучение вклада в причины смертности суицидов приобретает скорее теоретический интерес. Хотя и имеет практическую значимость в плане ведения профессиональных патологий, в том числе психологического характера.

Ограничения исследования

1) Имеется недостаточная, по всей видимости, представительность обнаруженных по теме исследований среди всех работ для NW различных стран мира. В нашей базе данных по эффектам и показателям у NW на

середину января 2026 г. находились 5299 источников из 41 страны, и весьма значительная часть из них посвящена оценкам различных рисков [2]. Но, как отмечалось в Сообщении 1 [1], достаточно редко авторы выделяли в качестве отдельной причины смертности суициды; в большинстве случаев таковые входили в категорию «Внешние причины смерти». То есть исследованная здесь выборка, включающая контингенты всего из шести стран, соответствует малой доле от всех работ по NW. Однако других данных на тему просто нет, нами выбраны, судя по всему, все возможные.

2) Некоторым ограничением, хотя и ужесточающим выводы, может являться то, что, в отличие от полностью гомогенных женских когорт NW, сравниваемые с ними так называемые «мужские» когорты не были представлены выборками на 100% для всех работ (некоторые – только на 80–92%, см. в табл. 1). Хотя это допущение неустранимо, все же полностью гомогенные когорты составили 67% от конечной выборки, а когорты с 90–100% мужчин – 73%. К тому же, по логике, «разбавление» мужских когорт женским контингентом должно ослаблять, а не усиливать обратный «гендерный парадокс». То есть «прикоробный» эффект может оказаться даже выше, чем выявленный здесь.

3) Вошедшие в наше синтетическое исследование работы охватывают когорты NW с самого раннего временного периода, порой с 1940-х гг., и заканчиваются нередко прослеживанием также для достаточно давних сроков (1970-е и 1980-е гг.) без какой-либо хроно-дифференциации (см. в [1]). То есть возникает мысль, что в нынешнее время закономерности могут измениться. Однако зависимость частоты суицидов у NW от временного периода, скорее всего, отсутствует. Так, на основе наиболее полной выборки только для SMR и только у мужчин NW, представленной в Сообщении 1 (см. в [1] табл. 2), без удаления более ранних данных для одной и той же когорты и без элиминации трех выпавших величин (которые были рассмотрены здесь в разделе 2), для 27 работ были оценены регрессии¹⁷ применительно к зависимости риска суицидов от конца follow-up или от конца периода занятости NW (если данные для follow-up отсутствовали). Среди четырех видов регрессий (линейная, логарифмическая, биномиальная/квадратичная и экспоненциальная) не имелось даже признака какой-либо зависимости (максимальный R^2 был равен 0,002 при $p = 0,826–0,976$). Таким образом, данное ограничение все же маловероятно.

4) Некоторые проблемы могут быть связаны с очень различающимися размерами групп для мужчин и женщин NW в оригинальных исследованиях: как было видно выше, для зарубежных контингентов отличия достигают 12 крат. Это наводит на мысль, что эпидемиологическое качество работ для женских когорт может уступать таковому для мужских. А, значит, достоверность величин SMR для мужских когорт окажется выше. Тем более, что для 10 инсталляций из США, данные для которых взяты из отчета по гранту NIOSH, 2000 (ссылку см. в [1]), размеры изученных групп женщин NW найти в оригинале не удалось. Но эти исследования составили 2/3 от всей выборки по SMR для суицидов у женщин NW (табл. 2). В оставшихся пяти работах имелись параллельные данные и для мужчин, и для женщин NW каждого предприятия, что позволило сравнить размеры когорт для двух полов, но такой расчет все равно остался как бы неокончательным.

5) Следующим ограничением, которое уже разбиралось в Сообщении 1 [1], может быть отсутствие коррек-

¹⁶ В том числе по критерию «Верхний 95% CI < 1,0» [43].

¹⁷ Использована программа IBM SPSS Statistics, ver. 20).

ции данных в исходных работах на те вмешивающиеся факторы и уклоны (confounder и bias), которые способны отражаться на частоте именно суицидов. Здесь могут быть важными поправки не только на социоэкономический статус (на который имелись коррекции только в двух работах), но даже на курение, способное модулировать частоту суицидов через депрессии (см. в [1]). Все включенные работы, кроме одной [68], не ставили своей целью изучение именно суицидов у NW, поэтому соответствующие поправки и оценки авторами сделаны не были. А в указанном исследовании [68] основное внимание было уделено воздействию ряда тяжелых металлов, которые, как известно, способны влиять на частоту суицидов [1].

6) Очевидны также ограничения при качественной интерпретации результатов из пяти отечественных работ, в которых не было уместных числовых оценок риска суицидов для ПО «Маяк» (см. в [1]), а только некие промежуточные данные. Но анализ этих исследований и не претендовал здесь на выявление точных закономерностей. Тем не менее, обнаруженные и здесь тенденции указывают на наличие обратного «гендерного парадокса».

7) Что же касается возможных уклонов при элиминации нами выпавших из выборки для мужчин NW трех работ, то этот процесс, помимо формально статистических обоснований, имел серьезные эпидемиологические предпосылки, основанные на научном суждении, и вряд ли был некорректен. Можно утверждать, что, применительно к теме систематического обзора с последующими мета-анализом и pooled-анализом, нами были учтены здесь все возможные моменты.

8) Тем не менее, невозможно оценить «эффект селекции» при найме на столь нетривиальную и необычную для женщин работу, как в сфере ядерной индустрии. Всегда есть вероятность, что нанимающиеся женщины отличаются и по социоэкономическому статусу, и по психологическому статусу, и даже по семейной и жизненной ситуации от мужчин NW. Что и обуславливает здесь величину обратного «гендерного парадокса» для суицидов вследствие исходно разных, не связанных с полом, особенностей индивидуумов. Сравнительные данные о психологических характеристиках мужских и женских когорт именно NW нам неизвестны. В поддерживаемой нами базе данных по эффектам и показателям для NW [2] применительно к зарубежным контингентам были обнаружены 7 публикаций и документов (три на французском языке), в которых затрагивались бы психологические аспекты деятельности NW (не считая множества работ, посвященных аварии на АЭС Три-Майл Айленд, США), но необходимых сведений практически нет. Во французском документе от 1968 г. отмечалось, что отличия между мужчинами и женщинами в данном плане или отсутствуют, или нивелируются отличиями в факторах деятельности и т.п. [69]¹⁸. Сходное заключение об отсутствии гендерных отличий, хотя и не для суицидов, а для нервно-психических заболеваний NW ПО «Маяк», было сделано в работе Суминой М.В., Азизовой Т.В., 2002 [70]. Однако проблема истинного механизма обнаруженных феноменов все же остается: влияние ли это именно деятельности на ядерных производствах, или просто различная селекция по психологическим параметрам мужчин и женщин NW при найме и

оставлении на работе, точно сказать нельзя. Что, ясно, не отменяет необходимости особого психологического и психофизиологического подхода к женским контингентам NW, ибо, все же, есть вероятность каузации по первому механизму.

Дополнение

После выполнения представленного исследования был обнаружен еще один источник, уместный для систематического обзора, мета- и pooled-анализов. А именно – диссертация Quella A.K., 2010 [71], в которой оценивались индексы SMR в том числе для суицидов у NW, занимавшихся производством атомных боеприпасов для армии США (U.S. Atomic Energy Commission at the Iowa Army Ammunitions Plant in Burlington). Несмотря на текстовый формат источника и его нахождение в поддерживаемой базе данных по эффектам и показателям для NW [2], программа полнотекстового поиска на ключевое слово ‘suicide’ его выявить по неизвестным причинам не смогла. Журнальных публикаций по теме у Alicia Katherine Quella из университета в Iowa не обнаружено (что странно для диссертации). Однако эта работа в целом подтверждает выводы настоящего синтетического исследования: у мужчин NW (для женщин данных нет), занятых на производстве атомных боеприпасов в 1951–2005 гг., SMR = 0,75 (95% CI: 0,52; 1,06), то есть налицо очевидная тенденция, хотя и незначительная, к «Эффекту здорового работника» [71]. Число зарегистрированных суицидов в [71] составило 32, что соответствовало бы 1,8% от всей выборки для мета- и pooled-анализов. Отсюда следует, что при включении данных из диссертации [71] результаты pooled-анализа практически не изменились бы, а результаты мета-анализа еще более свидетельствовали бы об «Эффекте здорового работника» для мужчин NW.

Заключение

В настоящем разделе ссылки, которые можно найти выше, за некоторым исключением не приводятся.

Представленное синтетическое исследование, реализованное в двух сообщениях, по своей цели носит, во-первых, имиджевый характер применительно к занятости в области ядерной индустрии (оценка психологического состояния NW, в том числе сравнительно с иными профессиями) и, во-вторых, направлено на выявления таких последствий профессионального стресса для NW, как суициды, с целью возможной коррекции его с дифференцированным подходом для мужчин и женщин. Ничего подобного до настоящего времени для NW выполнено не было; во всех эпидемиологических исследованиях NW из десятков стран на рисках суицидов редко заостряется внимание (известна только одна работа полностью на тему, от 2011 г., с эффектами тяжелых металлов [68]), а соответствующие практические выводы не сделаны нигде. Между тем, частота суицидов является показателем психологического профессионального благополучия/неблагополучия, что, понятно, актуально для медицинского обеспечения контингентов, подведомственных ФМБА России (учитывая к тому же, что психофизиологическое обследование на предприятиях этого агентства проводится постоянно [72]).

Выполненный здесь систематический обзор с последующими и мета-анализом, и pooled-анализом (что редко для синтетических исследований) базировался на наиболее полной выборке работ, посвященных риску суицидов сравнительно с населением (SMR) для NW разных стран. Поиск источников может считаться исчерпывающим, поскольку осуществлялся как в не

¹⁸ «Различия между полами кажутся незначительными. С одной стороны, в секторах, выбранных нами для исследования, мало женщин; с другой стороны, технические навыки достаточно важны в выполняемой работе, чтобы затенить влияние других факторов» [69].

имеющей аналогов по полноте и представленности оригиналами, поддерживаемой базе данных по эффектам и показателям у NW, так и в основных поисковых системах – PubMed, Embase, Google Scholar и пр., а также в списках литературы обнаруживаемых публикаций. Поэтому сформированная совокупность данных для последующих мета-анализа и pooled-анализа представляется полной и адекватной для именно систематического обзора.

По результатам поиска и последующего отбора уместных публикаций (на основе статистических и эпидемиологических подходов при селекции) были сформированы две выборки работ по исследованию SMR для суцидов в мужских и женских когортах зарубежных NW. Обе выборки соответствовали 15 ядерным инсталляциям (случайное совпадение), но только для пяти из них имелось параллельное изучение когорт обоих полов.

Выполненные отдельно для мужской и женской выборок NW параллельные мета- и pooled-анализы продемонстрировали, во-первых, хорошее совпадение результатов обоих синтетических подходов (что имеет отдельный теоретический интерес) и, во-вторых, резко различную ситуацию для мужчин и женщин. Если для мужчин NW выявился статистически значимый «Эффект здорового работника», хотя и не очень высокой величины (частота суцидов была ниже сравнительно с населением на 15%), то для женщин NW таковой эффект полностью отсутствовал, хотя уровень показателя и не был выше, чем у населения. Более того, для двух гендерных выборок SMR применительно к суцидам у зарубежных NW по U-критерию Манна–Уитни было продемонстрировано статистически значимое отличие ($p = 0,019$), как и при соответствующем сравнении средних величин для тех пяти инсталляций, для которых параллельно изучались показатели у мужчин и у женщин NW ($p = 0,021$).

Сходные тенденции выявлены и для NW ПО «Маяк», хотя эти данные носили только качественный характер в связи с отсутствием для отечественных исследований пригодных для нашего анализа индексов риска суцидов.

Таким образом, можно сделать вывод, что показатель профессионального стресса и психологического благополучия у женщин NW статистически значимо отличаются от показателя для мужчин NW в худшую сторону, вероятно, наиболее резко среди всех профессий. Это требует дифференцированного гендерного подхода при психологическом и психофизиологическом ведении профессиональных патологий.

Более того, величина обратного «гендерного парадокса» для суцидов у NW, отличающего некоторые типы профессий от населения (когда превалирует частота фатальных суцидов у женщин, а не у мужчин) оказалась наивысшей среди всех профессий, для которых были найдены подобные данные. Отношение значений SMR у женщин NW к соответствующим значениям у мужчин NW превышало уровень такового даже у врачей, для которых ранее обратный «гендерный парадокс» рассматривался как наиболее выраженный.

Для выполненного здесь исследования имелся ряд ограниченный статистического и эпидемиологического характера, но никакие из них не могли полностью отменить названные закономерности и достоверность полученных данных. В связи с этим, основной практический вывод из представленной работы остается неизменным – численность женских контингентов, непосредственно занятых на производстве в сфере ядерной индустрии, следует уменьшать по-максимуму, а к оставшимся необходимо применять повышенное и расширенное, причем дифференцированное по полу психологическое и психофизиологическое сопровождение.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ/REFERENCES

1. Котеров А.Н., Ушенкова Л.Н., Вайнсон А.А., Тихонова О.А., Кретов А.С., Паринов О.В., Лебедев А.О., Бушманов А.Ю. Риск суцидов у работников ядерной индустрии — отличия для мужчин и женщин обратны популяционным (синтетическое исследование). Сообщение 1. Постановка проблемы, поиск источников и характеристика выборки исследований // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2026. Т.71. №2. С. 53-65 [Kotero A.N., Ushenkova L.N., Vaynson A.A., Tikhonova O.A., Kretov A.S., Parinov O.V., Lebedev A.O., Bushmanov A.Yu. Suicide Risk among Nuclear Industry Workers: Differences for Men and Women are Inverse to Population Ones (synthetic study). Report 1. Statement of the Problem, Search for Sources and Characteristics of the Study Sample. *Meditsinskaya Radiologiya i Radiatsionnaya Bezopasnost'* = Medical Radiology and Radiation Safety. 2026;71:2:53-65 (Preprint). (In Russ.)]. Doi: 10.33266/1024-6177-2026-71-2-53-65.
2. Котеров А.Н., Ушенкова Л.Н., Буланова Т.М., Богданенко Н.А. Отраслевые библиографические базы данных: перспективы использования в ФМБА РОССИИ для научной экспертизы при принятии решений. Сообщение 1. Общие вопросы и база данных по медико-биологическим и иным эффектам у работников ядерной индустрии // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2025. Т.70. №2. С. 88–106 [Kotero A.N., Ushenkova L.N., Bulanova T.M., Bogdanenko N.A. Industry Bibliographic Databases: Prospects for Use in the Federal Medical and Biological Agency of Russia for Scientific Expertise in Decision-Making. Report 1. General Issues and a Database on Medical, Biological and other Effects in Workers in the Nuclear Industry. *Meditsinskaya Radiologiya i Radiatsionnaya Bezopasnost'* = Medical Radiology and Radiation Safety. 2025;70:2:88–106 (In Russ.)]. Doi: 10.33266/1024-6177-2025-70-2-88-106.
3. Moher D., Liberati A., Tetzlaff J., Altman D.G. (PRISMA Group). Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: the PRISMA Statement. *PLoS Med.* 2009;6:7: Article e1000097. 6 p. Doi: 10.1371/journal.pmed.1000097. URL: https://legacyfiles.elsevier.com/promis_misc/PRISMA-2009-Checklist1.pdf; https://legacyfiles.elsevier.com/promis_misc/prisma-2009-flow-diagram.pdf (Date of Access 17.12.2025).
4. Омеляновский В.В., Авксентьева М.В., Сура М.В., Хачатрян Г.Р., Федеяева В.К. Методические рекомендации по проведению мета-анализа. М.: Центр экспертизы и контроля качества медицинской помощи Минздрава России. 2017. 28 с. [Omel'yanovskiy V.V., Avksent'yeva M.V., Sura M.V., Khachatryan G.R., Fedyaeva V.K. *Metodicheskiye Rekomendatsii po Provedeniyu Meta-Analiza* = Methodological Recommendations for Conducting Meta-Analysis. Moscow, Tsentr Ekspertizy i Kontrolya Kachestva Meditsinskoy Pomoshchi Minzdrava Rossii Publ., 2017. 28 p. (In Russ.)].
5. Schernhammer E.S., Colditz G.A. Suicide Rates among Physicians: a Quantitative and Gender Assessment (Meta-Analysis). *Am. J. Psychiatry.* 2004;161:12:2295–2302. Doi: 10.1176/appi.ajp.161.12.2295.
6. Duthel F., Aubert C., Pereira B., Dambrun M., Moustafa F., Mermillod M., et al. Suicide among Physicians and Health-Care Workers: a Systematic Review and Meta-Analysis. *PLoS One.* 2019;14:12: Article e0226361. 28 p. Doi: 10.1371/journal.pone.0226361.
7. Duarte D., El-Hagrassy M.M., Couto T.C.E., Gurgel W., Fregni F., Correa H. Male and Female Physician Suicidality: a Systematic Review and Meta-Analysis. *JAMA Psychiatry.* 2020;77:6:587–597. Doi: 10.1001/jamapsychiatry.2020.0011.
8. Zimmermann C., Strohmaier S., Herkner H., Niederkrotenthaler T., Schernhammer E. Suicide Rates among Physicians Compared with the General Population in Studies from 20 Countries: Gender Stratified Systematic Review and Meta-Analysis. *Brit. Med. J.* 2024;386: Article e078964. 11 p. Doi: 10.1136/bmj-2023-078964.
9. Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions. Ed. by: J.P.T. Higgins, T. James, J. Chandler, et al. Cochrane, Wiley Blackwell, 2019. 694 p. Doi: 10.1002/9781119536604.
10. Checkoway H. Data Pooling in Occupational Studies. *J. Occup. Med.* 1991;33:12:1257–1260.
11. Friedenreich C.M. Methods for Pooled Analyses of Epidemiologic Studies. *Epidemiology.* 1993;4:4:295–302. Doi: 10.1097/00001648-199307000-00004.
12. Stewart L.A., Parmar M.K. Meta-Analysis of the Literature or of Individual Patient Data: is there a Difference? *Lancet.* 1993;341:8842:418–422. Doi: 10.1016/0140-6736(93)93004-k.

13. Smith S.J., Steinberg K.K., Thacker S.B. Methods for Pooled Analyses of Epidemiologic Studies. *Epidemiology*. 1994;5;3:381–383. Doi: 10.1097/00001648-199405000-00024.
14. Olsen J. Meta-Analyses or Collaborative Studies. *J. Occup. Environ. Med.* 1995;37;8:897–902. Doi: 10.1097/00043764-199508000-00002.
15. Gordon I., Boffetta P., Demers P.A. A Case Study Comparing a Meta-Analysis and a Pooled Analysis of Studies of Sinonasal Cancer among Wood Workers. *Epidemiology*. 1998;9;5:518–524. Doi: 10.1097/00001648-199809000-00006.
16. Blettner M., Sauerbrei W., Schlehofer B., Scheuchenpflug T., Friedenreich C. Traditional Reviews, Meta-Analyses and Pooled Analyses in Epidemiology. *Int. J. Epidemiol.* 1999;28;1:1–9. Doi: 10.1093/ije/28.1.1.
17. Bravata D.M., Olkin I. Simple Pooling Versus Combining in Meta-Analysis. *Eval. Health Prof.* 2001;24;2:218–230. Doi: 10.1177/01632780122034885.
18. Altman D.G., Deeks J.J. Meta-Analysis, Simpson's Paradox, and the Number Needed to Treat. *BMC Med. Res. Methodol.* 2002;2:Article 3. 5 p. Doi: 10.1186/1471-2288-2-3.
19. Lievre M., Chucherat M., Lezorovicz A. Pooling, Meta-Analysis, and the Evaluation of drug Safety. *Curr. Control Trials Cardiovasc. Med.* 2002;3;1:Article 6. 4 p. Doi: 10.1186/1468-6708-3-6.
20. Taioli E., Bonassi S. Methodological Issues in Pooled Analysis of Biomarker Studies. *Mutat. Res.* 2002;512;1:85–92. Doi: 10.1016/s1383-5742(02)00027-3.
21. Reade M.C., Delaney A., Bailey M.J., Angus D.C. Bench-to-Bedside Review: Avoiding Pitfalls in Critical Care Meta-Analysis-Funnel Plots, Risk Estimates, Types of Heterogeneity, Baseline Risk and the Ecologic Fallacy. *Crit Care*. 2008;12;4:Article 220. 8 p. Doi: 10.1186/cc694.
22. Daniels R.D., Bertke S., Waters K.M., Schubauer-Berigan M.K. Risk of Leukaemia Mortality from Exposure to Ionising Radiation in US Nuclear Workers: a Pooled Case-Control Study. *Occup. Environ. Med.* 2013;70;1:41–48. Doi: 10.1136/oemed-2012-100906.
23. Szpiro A., Hazlehurst M., Karr C., Kaufman J., LeWinn K., Loftus C., et al. Meta-Analysis vs Pooling: Tradeoffs in Precision, Confounder Control, Mixtures, and Nonlinear Dose-Response. Abstracts of the 2019 Annual Conference of the International Society for Environmental Epidemiology. August 25–28 2019, Utrecht, the Netherlands. *Environmental Epidemiology* 2019. V.3;1:389. Doi: 10.1097/01.EE9.0000610336.09715.b9.
24. Rojanawararit C. Misleading Epidemiological and Statistical Evidence in the Presence of Simpson's Paradox: an Illustrative Study Using Simulated Scenarios of Observational Study Designs. *J. Med. Life*. 2020;13;1:37–44. Doi: 10.25122/jml-2019-0120.
25. Lin L., Sherman P.D. Cleaning Data the Chauvenet Way. The Proceedings of the SouthEast SAS Users Group, Sesug Proceedings, Paper SA11, 2007. P. 1–11. URL: https://www.nbi.dk/~petersen/Teaching/Stat2017/Notes/StatNote_RejectingData.pdf.
26. Котеров А.Н., Ушенкова Л.Н., Дибиргаджиев И.Г., Буланова Т.М. Сравнение риска общей смертности для работников ядерной индустрии, шахтеров урановых рудников и других профессий с риском пассивного курения (мета-анализы) // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2024. Т.69. №5. С. 75–86 [Koterov A.N., Ushenkova L.N., Dibirgadzhiyev I.G., Bulanova T.M. Comparison of the Risk of Overall Mortality for Workers in the Nuclear Industry, Uranium Miners and other Professions with the Risk of Passive Smoking (Meta-Analyses). *Meditsinskaya Radiologiya i Radiatsionnaya Bezopasnost'* = Medical Radiology and Radiation Safety. 2024;69;5:75–86 (In Russ.)]. Doi: 10.33266/1024-6177-2024-69-5-75-86.
27. Котеров А.Н., Ушенкова Л.Н., Дибиргаджиев И.Г., Калинина М.В. Смертность от всех причин и от всех раков для работников ядерной индустрии и шахтеров урановых рудников сравнительно с наиболее вредными/опасными профессиями (синтетическое исследование) // Здоровье и окружающая среда / Под ред. С.И. Сычича и др. Гомель: Редакция газеты Гомельская прауда, 2024. С. 59–69 [Koterov A.N., Ushenkova L.N., Dibirgadzhiyev I.G., Kalinina M.V. Mortality from all Causes and from all Cancers for Workers in the Nuclear Industry and Uranium Miners Compared with the Most Harmful/Dangerous Professions (Synthetic Study). *Zdorov'ye i Okruzhayushchaya Sreda* = Health and Environment. Ed. S.I. Sychik, et al. Gomel, Redaktsiya Gazety Gomel'skaya Prauda Publ., 2024. P. 59–69 (In Russ.)].
28. Котеров А.Н., Ушенкова Л.Н., Вайнсон А.А., Дибиргаджиев И.Г., Калинина М.В., Бушманов А.Ю. Риск смертности от основных патологий вследствие пассивного курения не достигается подавляющим большинством работников ядерной индустрии всех периодов занятости // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2024. Т.69. №3. С. 57–67 [Koterov A.N., Ushenkova L.N., Vaynson A.A., Dibirgadzhiyev I.G., Kalinina M.V., Bushmanov A.Yu. The Risk of Mortality from Major Pathologies Due to Passive Smoking is not Achieved by the Overwhelming Majority of Workers in the Nuclear Industry of all Periods of Employment. *Meditsinskaya Radiologiya i Radiatsionnaya Bezopasnost'* = Medical Radiology and Radiation Safety. 2024;69;3:57–67 (In Russ.)]. Doi: 10.33266/1024-6177-2024-69-3-57-67.
29. Wisenburn B., Mahoney K. A Meta-Analysis of Word-Finding Treatments for Aphasia. *Phasiology*. 2009;23;11:1338–1352. Doi: 10.1080/02687030902732745.
30. Voutilainen A., Pitkaaho T., Vehvilainen-Julkunen K., Sherwood P.R. Meta-Analysis: Methodological Confounders in Measuring Patient Satisfaction. *Journal of Research in Nursing*. 2015;20;8:698–714. Doi: 10.1177/1744987115619209.
31. Arce R., Arias E., Novo M., Farina F. Are Interventions with Batters Effective? A Meta-Analytical Review. *Psychosocial Intervention*. 2020;29;3:153–164. Doi: 10.5093/pi2020a11.
32. Gancedo Y., Farina F., Seijoa D., Vilarinoa M., Arcea R. Reality Monitoring: a Meta-Analytical Review for Forensic Practice. *The European Journal of Psychology Applied to Legal Context*. 2021;13;2:99–110. Doi: 10.5093/ejpalc2021a10.
33. Montes A., Sanmarco J., Novo M., Cea B., Arce R. Estimating the Psychological Harm Consequence of Bullying Victimization: a Meta-Analytic Review for Forensic Evaluation. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2022;19:Article 13852. 9 p. Doi: 10.3390/ijerph192113852.
34. Quevedo-Blasco R., Perez M.J., Guillen-Riquelme A., Hess T. Civil Liability for Clinical Misdiagnosis of Suicidal Intention: Procedure and Guidelines to Minimize Fatal Diagnostic Error. *The European Journal of Psychology Applied to Legal Context*. 2023;15;2:73–81. Doi: 10.5093/ejpalc2023a8.
35. Суворов А.Ю., Латушкина И.В., Гуляева К.А., Буланов Н.М., Надинская М.Ю., Заикин А.А. Базовые аспекты мета-анализа. Часть 1 // Сеченовский вестник. 2023. Т.14. №1. С. 4–14 [Suvorov A.Yu., Latushkina I.V., Gulyayeva K.A., Bulanov N.M., Nadinskaya M.Yu., Zaikin A.A. Basic Aspects of Meta-Analysis. Part 1. *Sechenovskiy Vestnik* = Sechenov Medical Journal. 2023;14;1:4-14 (In Russ.)]. Doi: 10.47093/2218-7332.2023.14.1.4-14.
36. Daniels R.D., Schubauer-Berigan M.K. A Meta-Analysis of Leukaemia Risk from Protracted Exposure to Low-Dose Gamma Radiation. *Occup. Environ. Med.* 2011;68;6:457–464. Doi: 10.1136/oem.2009.054684.
37. Lin R.-T., Boonhat H., Leen Y.-Y., Klebe S., Takahashi K. Health Effects of Occupational and Environmental Exposures to Nuclear Power Plants: a Meta-Analysis and Meta-Regression. *Curr. Environ. Health Rep.* 2024;11;3:329–339. Doi: 10.1007/s40572-024-00453-8.
38. Chen D.-G. (Din), Peace K.E. Applied Meta-Analysis with R. New York, Chapman & Hall CRC. 2013. 336 p.
39. Dr John D. Boice Jr. Curriculum Vitae. Site ICRP. URL: https://www.icrp.org/cv/%7B2A6A529B-0533-401A-B64B-61055E23BF80%7D/Boice_CV.pdf (Date of Access 26.12.2025).
40. Lensen S. When to Pool Data in a Meta-Analysis (and when not to)? *Fertil. Steril.* 2023;119;6:902–903. Doi: 10.1016/j.fertnstert.2023.03.015.
41. Egger M., Davey Smith G., Schneider M., Minder C. Bias in Meta-Analysis Detected by a Simple, Graphical Test. *Brit. Med. J.* 1997;315;7109:629–634. Doi: 10.1136/bmj.315.7109.629.
42. Sterne J.A.C., Egger M. Funnel Plots for Detecting Bias in Meta-Analysis: Guidelines on Choice of Axis. *J. Clin. Epidemiol.* 2001;54;10:1046–1155. Doi: 10.1016/s0895-4356(01)00377-8.
43. Котеров А.Н., Ушенкова Л.Н., Калинина М.В., Бирюков А.П. «Эффект здорового работника» по показателям общей смертности и смертности от злокачественных новообразований у персонала предприятий ядерной и химической индустрии: мета-анализы // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2023. Т.68. №4. С. 43–50 [Koterov A.N., Ushenkova L.N., Kalinina M.V., Biryukov A.P. The Healthy Worker Effect in Terms of Overall Mortality and Mortality from Malignant Neoplasms among Personnel of Nuclear and Chemical Industry Enterprises: Meta-Analyses. *Meditsinskaya Radiologiya i Radiatsionnaya Bezopasnost'* = Medical Radiology and Radiation Safety. 2023;68;4:43–50 (In Russ.)]. Doi: 10.33266/1024-6177-2023-68-4-43-50.
44. Bo Q., Qingfang L., Jianfeng W., Ge G. Cohort Studies on Cancer Mortality among Nuclear Workers Exposed to Low-Dose Ionizing Radiation: a Meta-Analysis. *Radiation Protection (Taiwan)*. 2008;28;3:161–169.
45. Park E.S., Moon K., Kim H.N., Lee W.J., Jin Y.W. Radiation Exposure and Cancer Mortality among Nuclear Power Plant Workers: a Meta-Analysis. *J. Prev. Med. Public Health*. 2010;43;2:185–192. Doi: 10.33266/10.3961/jpmph.2010.43.2.185.
46. Qu S.G., Gao J., Tang B., Yu B., Shen Y.P., Tu Y. Low-Dose Ionizing Radiation Increases the Mortality Risk of Solid Cancers in Nuclear Industry Workers: a Meta-Analysis. *Mol. Clin. Oncol.* 2018;8;5:703–711. Doi: 10.3892/mco.2018.1590.
47. Hogstedt C., Andersson K. A Cohort Study on Mortality among Dynamic Workers. *J. Occup. Med.* 1979;21;8:553–556.
48. Boice J.D., Jr. Ionizing Radiation. Schottenfeld and Fraumeni Cancer Epidemiology and Prevention. Ed. by D. Schottenfeld, J.F. Fraumeni. New York, Oxford University Press. 2006. P. 259–293.
49. McMichael A.J., Spirtas R., Kupper L.L. An Epidemiologic Study of Mortality within a Cohort of Rubber Workers, 1964–72. *J. Occup. Med.* 1974;16;7:458–464.

50. Engel L.S., Taioli E., Pfeiffer R., Garcia-Closas M., Marcus P.M., Lan Q., et al. Pooled Analysis and Meta-Analysis of Glutathione S-Transferase M1 and Bladder Cancer: a HuGE Review. *Am. J. Epidemiol.* 2002;156:2:95–109. Doi: 10.1093/aje/kwf018.
51. Simpson E.H. The Interpretation of Interaction in Contingency Tables. *J. R. Stat. Soc.* 1951;13:2:238–241.
52. Baillargeon J. Characteristics of the Healthy Worker Effect. *Occup. Med.* 2001;16:2:359–366. Doi: 10.1097/00043764-199804000-00012.
53. Milner A., Witt K., LaMontagne A.D., Niedhammer I. Psychosocial Job Stressors and Suicidality: a Meta-Analysis and Systematic Review. *Occup. Environ. Med.* 2018;75:4:245–253. Doi: 10.1136/oemed-2017-104531.
54. Guseva-Canu I., Bovio N., Mediouni Z., Bochud M., Wild P. Swiss National Cohort (SNC). Suicide Mortality Follow-Up of the Swiss National Cohort (1990–2014): Sex-Specific Risk Estimates by Occupational Socio-Economic Group in Working-Age Population. *Soc. Psychiatry Psychiatr. Epidemiol.* 2019;54:12:1483–1495. Doi: 10.1007/s00127-019-01728-4.
55. Котеров А.Н., Ушенкова Л.Н., Дибиргаджиев И.Г. База данных по стандартизованному отношению смертности (SMR All Causes и SMR All Cancer) для различных профессий (706 когорт / групп): максимальный «эффект здорового работника» - у космонавтов и врачей // Медицина труда и промышленная экология. 2023. Т.63. №3. С. 179–192 [Kotero A.N., Ushenkova L.N., Dibirgadzhiyev I.G. Database of Standardized Mortality Ratios (SMR All Causes and SMR All Cancer) for Various Professions (706 Cohorts/Groups): Maximum Healthy Worker Effect in Cosmonauts and Doctors. *Meditsina Truda i Promyshlennaya Ekologiya* = Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology. 2023;63:3:179–192 (In Russ.)]. Doi: 10.31089/1026-9428-2023-63-3-179-192.
56. Котеров А.Н., Ушенкова Л.Н., Калинин М.В., Дибиргаджиев И.Г. Профессии, наиболее отражающиеся на здоровье: ядерная индустрия на последних местах по вредности (синтетическое исследование) // Здоровье и окружающая среда: Сборник материалов международной научно-практической конференции / Под ред. С.И. Сычик. Минск, 23–24 ноября 2023 г. Минск: Белорусский государственный университет. 2023. С. 96–100 [Kotero A.N., Ushenkova L.N., Kalinina M.V., Dibirgadzhiyev I.G. Professions that have the Greatest Impact on Health: the Nuclear Industry Ranks Last in Terms of Harmfulness (Synthetic Study). *Zdorov'ye i Okruzhayushchaya Sreda* = Health and the Environment. Proceedings from the International Scientific and Practical Conference. Ed. S.I. Sychik. Minsk, November 23–24, 2023. Minsk, Belorusskiy Gosudarstvennyy Universitet Publ., 2023. P. 96–100 (In Russ.)].
57. Sturmberg J.P. Evidence-Based Medicine – not a Panacea for the Problems of a Complex Adaptive World. *J. Eval. Clin. Pract.* 2019;25:5:706–716. Doi: 10.1111/jep.13122.
58. Umbrella Reviews: Evidence Synthesis with Overviews of Reviews and Meta-Epidemiologic Studies. Ed. G. Biondi-Zoccai. Switzerland, Springer International Publishing, 2016. 526 p.
59. Trinquart L., Dechartres A., Ravaut P. Commentary: Meta-Epidemiology, Meta-Meta-Epidemiology or Network Meta-Epidemiology? *Int. J. Epidemiol.* 2013;42:4:1131–1133. Doi: 10.1093/ije/dyt137.
60. Boice J.D. Jr, Cohen S.S., Mumma M.T., Howard S.C., Yoder R.C., Dauer L.T. Mortality among Medical Radiation Workers in the United States, 1965–2016. *Int. J. Radiat. Biol.* 2023;99:2:183–207. Doi: 10.1080/09553002.2021.1967508.
61. Lee W.J., Cha E.S., Bang Y.J., Hsu C.Y., Chang S.S. Suicide Deaths among Diagnostic Medical Radiation Workers in South Korea, 1996–2017. *Occup. Environ. Med.* 2020;77:10:675–680. Doi: 10.1136/oemed-2020-106446.
62. Berardelli I., Rogante E., Sarubbi S., Erbutto D., Cifrodelli M., Concolato C., et al. Is Lethality Different between Males and Females? Clinical and Gender Differences in Inpatient Suicide Attempters. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 2022;19:20:Article 13309. 8 p. Doi: 10.3390/ijerph192013309.
63. Komleva N.S., Koshurnikova N.A., Nifatov A.P., Bolotnikova M.G., Okatenko P.V. Mortality from External Causes among the Personnel of Mayak's Radiochemical Plant. *Sci. Total. Environ.* 1994;142:1–2:33–35. Doi: 10.1016/0048-9697(94)90071-X.
64. Shilnikova N.S., Preston D.L., Ron E., Gilbert E.S., Vassilenko E.K., Romanov S.A., et al. Cancer Mortality Risk among Workers at the Mayak Nuclear Complex. *Radiat. Res.* 2003;159:6:787–798. Doi: 10.1667/0033-7587(2003)159[0787:cmrawa]2.0.co;2.
65. Azizova T.V., Grigoryeva E.S., Hamada N. Dose Rate Effect on Mortality from Ischemic Heart Disease in the Cohort of Russian Mayak Production Association Workers. *Sci. Rep.* 2023;13:1:Article 1926. 15 p. Doi: 10.1038/s41598-023-28954-w.
66. Котеров А.Н., Туков А.Р., Ушенкова Л.Н., Калинин М.В., Бирюков А.П. Средняя накопленная доза облучения для работников мировой ядерной индустрии: малые дозы, малые эффекты. Сравнение с дозами для медицинских радиологов // Радиационная биология. Радиоэкология. 2022. Т.62. №3. С. 227–239 [Kotero A.N., Tukov A.R., Ushenkova L.N., Kalinina M.V., Biryukov A.P. Average Cumulative Radiation Dose for Workers in the Global Nuclear Industry: Low Doses, Low Effects. Comparison with Doses for Medical Radiologists. *Radiatsionnaya Biologiya. Radioekologiya* = Radiation Biology. Radioecology. 2022;62:3:227–239 (In Russ.)]. Doi: 10.31857/S0869803122030043.
67. Tsai S.P., Hardy R.J., Wen C.P. The Standardized Mortality Ratio and Life Expectancy. *Am. J. Epidemiol.* 1992;135:7:824–831. Doi: 10.1093/oxfordjournals.aje.a116369.
68. Figgs L.W., Holsinger H., Freitas S.J., Brion G.M., Hornung R.W., Rice C.H., Tollerud D. Increased Suicide Risk among Workers Following Toxic Metal Exposure at the Paducah Gaseous Diffusion Plant from 1952 to 2003: a Cohort Study. *Int. J. Occup. Environ. Med.* 2011;2:4:199–214. URL: <https://stacks.cdc.gov/view/cdc/193290> (Date of Access 15.12.2025).
69. Sivadon P., Fernandez A. L'étude des Attitudes Psychologiques des Travailleurs Nucleaires Vis-a-Vis du Risque Radioactif. [Study of Psychological Attitudes of Nuclear Workers Towards Radioactivity Risk.] Report Number(s): EUR-2113.f 1964. Rapport Final. EUR-4198.f. Centre de Recherches Psychopathologiques. Paris, France, 1968. 166 p. URL: <https://www.osti.gov/biblio/4653569> (Date of Access 02.01.2026).
70. Сумина М.В., Азизова Т.В. Структура нервно-психических заболеваний у работников, подвергавшихся профессиональному облучению // Вопросы радиационной безопасности. 2002. №2. С. 51–58 [Sumina M.V., Azizova T.V. Structure of Neuropsychiatric Diseases in Workers Exposed to Occupational Radiation. *Voprosy Radiatsionnoy Bezopasnosti* = Radiation Safety Problems. 2002;2:51–58 (In Russ.)].
71. Quella A.K. Retrospective Mortality and Cancer Incidence Study of Former U.S. Atomic Energy Commission Workers at the Iowa Army Ammunitions Plant in Burlington, Iowa. Doctor's Thesis (PhD). Iowa, University of Iowa, 2010. 155 p. Doi: 10.17077/etd.u2kgqofz.
72. Бушманов А.Ю., Касьмова О.А., Кретов А.С., Солорева М.А., Денисова Е.А. Результаты психофизиологических обследований персонала объектов использования атомной энергии // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2022. Т.67. №6. С. 19–23 [Bushmanov A.Yu., Kasymova O.A., Kretov A.S., Soloreva M.A., Denisova Ye.A. Results of Psychophysiological Examinations of Personnel at Nuclear Facilities. *Meditsinskaya Radiologiya i Radiatsionnaya Bezopasnost'* = Medical Radiology and Radiation Safety. 2022;67:6:19–23 (In Russ.)]. Doi: 10.33266/1024-6177-2022-67-6-19-23.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Участие авторов. Статья подготовлена с равным участием авторов.

Поступила: 20.02.2026. **Принята к публикации:** 25.03.2026.

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: 20.02.2026. **Accepted for publication:** 25.03.2026.