

EDN: <https://elibrary.ru/gwgfhrr>DOI: <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2023-63-3-179-192>

УДК 613.6.02:314.48:[613.6.069 + 616-006]

© Коллектив авторов, 2023

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

ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна» ФМБА России, 46, ул. Живописная, Москва, 123182

Сформирована база данных для работ по оценке индексов «стандартизованного отношения смертности» ($SMR \pm 95\%$ доверительные интервалы — CI) сравнительно с генеральной популяцией по общей смертности и смертности от всех злокачественных новообразований («всех раков») для различных профессий и типов занятости (преимущественно мужчины). База включает 689 публикаций (706 когорт/групп, 67 профессий и типов занятости). Проведена оценка наличия «эффекта здорового работника» (HWE) в вошедших в базу исследованиях на основе критерия величины верхнего 95% CI меньшего единицы.

Обнаружено, что среди всех профессий и типов занятости HWE по общей смертности выявлен только для 52%, а по смертности от всех раков — только для 28% когорт/групп. HWE по обоим индексам одновременно и только по общей смертности имел место в 26% случаев. Для 2% исследований показана обратная зависимость (отсутствие HWE по общей смертности при наличии эффекта по смертности от всех раков), которая, скорее всего, случайна.

Не выявлено строгих зависимостей между HWE и канцерогенным потенциалом деятельности, хотя и имелась определённая тенденция. Частота работ с HWE для конкретных профессий и занятий выявила в качестве наиболее «неполезных» работу с такими тяжёлыми металлами, как Hg, Cd, Pb, Cu (частота HWE равна 0% по общей смертности и 5% (шахтёры, добывающие ртуть) по смертности от злокачественных новообразований; одна публикация), затем деятельность, связанную с воздействием пыли (табак, кварц, различные минералы и т. п.; 5% и 6%) и асбеста (10% и 2%). По наивысшей частоте HWE лидирующие позиции занимали пилоты (89% и 65%), работники нефтяной и нефтехимической промышленности (97% и 56%), а также врачи (94% и 96%) и космонавты/астронавты (100% и 67%; выборка мала).

На полной выборке исследований SMR у зарубежных врачей (1886–2017) продемонстрировано строгое линейное снижение величины SMR по общей смертности сравнительно с населением начиная с 1940-х гг. ($r = -0,927$; $p < 0,001$), с достижением к 2010-м гг. $SMR = 0,38$ (95% CI: 0,01; 0,76). При этом смертность от всех раков у врачей была снижена сравнительно с населением практически в равной степени для всех временных периодов, начиная с 1926 г. (среднее $SMR = 0,6$; 95% CI: 0,53; 0,66). Возможные причины уменьшенной сравнительно с населением смертности у зарубежных врачей заключаются не только в профилактике и профессиональных навыках, но, вероятно, в лучшем доступе к медицине и специалистам. В связи с профессиональной солидарностью, медицинское обслуживание и информирование врачей отличается, по-видимому, большим вниманием. Важным является и более раннее лечение нераковых патологий, недопущение их превращения в хронические, что в последующем может приводить к канцерогенным последствиям.

Ключевые слова: база данных; стандартизованное отношение смертности; общая смертность; смертность от злокачественных новообразований; профессиональная занятость; врачи

Для цитирования: 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. *Мед. труда и пром. экол.* 2023; 63(3): 179–192. <https://elibrary.ru/gwgfhrr> <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2023-63-3-179-192>

Для корреспонденции: Котеров Алексей Николаевич, зав. лабораторией ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна, д-р биол. наук. E-mail: govorilga@inbox.ru

Участие авторов:

Котеров А.Н. — концепция и дизайн исследования, сбор и обработка данных, написание текста, редактирование;

Ушенкова Л.Н. — сбор и обработка данных, редактирование;

Дибиргаджиев И.Г. — сбор и обработка данных, редактирование.

Финансирование. В рамках более широкой бюджетной темы ФМБА России; без иных источников финансирования и спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Дата поступления: 17.01.2023 / Дата принятия к печати: 24.01.2023 / Дата публикации: 20.03.2023

Aleksey N. Koterov, Liliya N. Ushenkova, Idris G. Dibirgadzhiyev

Database on the Standardized mortality ratio (SMR all causes and SMR all cancer) for various professions (706 cohorts/groups): the maximum "health worker effect" for cosmonauts and doctors

State Research Center — Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, 46, Zhivopisnaya St., Moscow, 123182

Researchers have formed a database for work on the evaluation of the indices of the "standardized mortality ratio" ($SMR \pm 95\%$ confidence intervals — CI) in comparison with the general population for total mortality and mortality from all malignant neoplasms ("all cancers") for various professions and types of employment (mainly men). The database includes 689 publications (706 cohorts/groups, 67 professions and types of employment).

Experts have conducted an assessment the presence of the "healthy worker effect" (HWE) in the studies included in the database based on the criterion of the upper 95% CI value of less than one.

Among all professions and types of employment, scientists have identified HWE in total mortality only in 52%, and in mortality from all types of cancer — only in 28% of cohorts/groups.

HWE for both indicators simultaneously and only for total mortality occurred in 26% of cases. For 2% of the studies, there is an inverse relationship (absence of HWE for total mortality in the presence of an effect on mortality from all types of cancer), which is most likely accidental.

There were no strict dependencies between HWE and the carcinogenic potential of activity, although there was a definite trend. The frequency of work with HWE for specific professions identified as the most "unprofitable" work with such heavy metals as Hg, Cd, Pb, Cu (the frequency of HWE is 0% for total mortality and 5% (mercury miners) for mortality from malignant neoplasms; one publication), followed by activities related to dust exposure (talc, quartz, various minerals, etc.; 5% and 6%) and asbestos (10% and 2%). Pilots (89% and 65%), oil and petrochemical industry workers (97% and 56%), as well as doctors (94% and 96%) and cosmonauts/astronauts (100% and 67%; the sample is small) occupied leading positions in the highest frequency of HWE.

A complete sample of SMR studies of foreign doctors (1886–2017) demonstrated a strict linear decrease in the SMR value in total mortality compared with the population since the 1940s ($r = -0.927$; $p < 0.001$), with $SMR = 0.38$ (95% CI: 0.01; 0.76) achieved by the 2010s.

At the same time, mortality from all cancers among doctors was reduced in comparison with the population almost equally for all time periods since 1926 (average $SMR = 0.6$; 95% CI: 0.53; 0.66).

Possible reasons for the reduced mortality among foreign doctors compared to the population are not only in prevention and professional skills, but probably in better access to medicine and specialists. In connection with professional solidarity, medical care and informing doctors is apparently distinguished by great attention.

Earlier treatment of non-cancerous pathologies is also important, preventing their transformation into chronic ones, which can subsequently lead to carcinogenic consequences.

Keywords: database; standardized mortality ratio; total mortality; mortality from malignant neoplasms; professional employment; doctors

For citation: Koterov A.N., Ushenkova L.N., Dibirgadzhev I.G. Database on standardized mortality ratio (SMR all causes and SMR all cancer) for various professions (706 cohorts/groups): the maximum "effect of a healthy worker" — in astronauts and doctors. *Med. truda i prom. ekol.* 2023; 63(3): 179–192. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2023-63-3-179-192> <https://elibrary.ru/gwgfhr> (in Russian)

For correspondence: Alexey N. Koterov, the Head of laboratory at the Burnasyan Federal Medical Biophysical Center, Federal Medical Biological Agency, Dr. of Sci. (Biol.). E-mail: govorilga@inbox.ru

Information about the authors:

Koterov A.N. <https://orcid.org/0000-0001-8700-7624>

Ushenkova L.N. <https://orcid.org/0000-0001-8486-8007>

Contribution:

Koterov A.N. — research concept and design, data collection and processing, writing the text, editing;

Ushenkova L.N. — data collection and processing, editing;

Dibirgadzhev I.G. — data collection and processing, editing.

Funding. As part of the broader budget theme of the FMBA of Russia; without other sources of funding and sponsorship.

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

Received: 17.01.2023 / Accepted: 24.01.2023 / Published: 20.03.2023

1. Введение. 1.1. Суть и специфичность индекса «стандартизованное отношение смертности». Оценка смертности какой-либо группы, подвергавшейся воздействию профессионального фактора риска [1–6]¹ (примечания представлены после основного текста), подпадающей под мероприятия по устранению последствий для здоровья (как больные в клинике [11]) или служащей объектом статистико-демографических исследований смертности [10], требуют сравнения с соответствующими показателями некой «стандартной» группы/популяции. Вследствие того, что смертность зависит от возраста и пола, а распределение этих параметров внутри различных групп неодинаково, для корректного сравнения требуется предварительная стандартизация по данному показателю [3, 5, 6, 11–13]. Этой цели служит индекс «стандартизованное отношение смертности» ('standardized mortality ratio'; SMR) [5, 7, 10–12, 14, 15], который в русскоязычной литературе не избежал терминологической и смысловой путаницы².

В современных словарях по эпидемиологии данный параметр имеет явно не исчерпывающие определения:

Оксфордский словарь J.M. Last, перевод (2009) и оригинал (2001) [14]:

«SMR — это отношение количества смертей, наблюдаемых в исследуемой группе или популяции, к количеству, ожидаемому в случае, если бы частоты в исследуемой популяции были те же, что и в стандартной популяции». 'The ratio of the number of deaths observed in the study group or population to the number that would be expected if the study

population had the same specific rates as the standard population, multiplied by 100'.

Оксфордский словарь M. Porta (2014) [21]:

'The ratio of the number of deaths observed in the study group or population to the number that would be expected if the study population had the same specific rates as the standard population. Often multiplied by 100'.

В пособиях по эпидемиологии вместо определенных указано на отношение наблюдаемые/ожидаемые (Observed/Expected; O/E) числа случаев и необходимость предварительной стандартизации двух групп по возрасту или иным показателям [15, 20] (и др.).

Приведённое представляется повторением «всем известное», но, тем не менее, если вчитаться в определение из словарей, то разъяснено явно не все. На деле SMR представляет собой средневзвешенное отношение частоты смертности по возрастам в профессиональной группе к соответствующим частотам смертности для некоторой стандартной популяции [5], и начало подобной стандартизации, как указывалось в примечании 1, было положено в 1880-х гг. [2] (согласно [13]) и в 1934 г. [3].

В качестве стандартных популяций используются как генеральная целой страны (наиболее часто) [6, 22, 23], так и соответствующие региональные [23] и городские [15] популяции, социальные или даже близкие профессиональные группы [23].

Исторически SMR длительное время являлся наиболее важным показателем риска для профессиональных воздействий [6, 12, 22, 24] (здесь и далее — перевод А.К.):

«SMR был общей валютой (*common currency*) эпидемиологии на протяжении более чем полувека и служил, прямо или косвенно, инструментом, который оценивал основные профессиональные вредности» (Gaffey W.R., 1976) [12]³.

1.2. «Эффект здорового работника» — вмешивающийся фактор для SMR. В более поздние десятилетия SMR был вытеснен индексом относительного риска (RR) [22]. Последнее связано с описанным ещё в 1885 г. William Ogle (Великобритания) [2] «Эффектом здорового работника» (*'Healthy worker effect'*; HWE; термин введён в 1974 г. A.J. McMichael; США [25])⁴, обусловленного тем, что ряд типов селекций (в том числе самоотбор) либо отсеивает при занятии трудными и/или вредными профессиями приводит к тому, что популяция работников оказывается в целом здоровее по самым разным показателям, чем генеральная или близкие региональные [2, 7–9, 14, 15, 21, 24, 25], что приводит к ущербу контроля. HWE правильнее рассматривать как вмешивающийся фактор (конфаундер), но не как субъективный уклон (*bias*) [24].

Хотя наличие и выраженность HWE могут сильно варьировать среди разных типов занятости (это видно в том числе и далее), о чем свидетельствовало ещё исследование Ogle W., 1885 [2], тем не менее утверждают, что всегда контингенты работников (если занятия не чересчур вредные и опасные) будут иметь $SMR < 1,0$ по основным показателям сравнительно с генеральной популяцией, поскольку в такую входят хронические больные, увечные, неработоспособные, безработные и пр. [12, 24, 28].

В нескольких известных нам исследованиях оценивался индекс SMR как бы для рабочих популяций «в целом», и оказалось, что приведённое утверждение выглядит действительным:

а) Японская работа 1984 г., объединившая 47 различных предприятий. $SMR = 0,58$ для всех случаев (далее 'all causes') и $SMR = 0,89$ для всех злокачественных новообразований (далее 'all cancer') [29].

б) Китайская работа 2010 г. для персонала целого ряда производств. $SMR \text{ all causes} = 0,41$; $SMR \text{ all cancer} = 0,59$ [30].

в) Случайно выбранные рабочие популяции Норвегии; исследование 2013 г. $SMR \text{ all causes} = 0,73$; $SMR \text{ all cancer} = 0,85$ [31].

Однако феномен HWE не следует абсолютизировать, и далее будет видно, что для значительного числа случаев и профессий он все же не обнаружен. Имеется распространённое с самого начала [7] мнение, что HWE намного менее выражен для злокачественных новообразований (вплоть до отсутствия) [7, 24, 28], но оно пока не получило ни исчерпывающих, ни логичных биологически, ни количественных доказательств для всех типов занятости.

1.3. Связь между SMR и RR. Несмотря на обусловленные HWE недостатки индекса SMR сравнительно с оценками смертности по RR, обусловленные влиянием возраста изучаемой популяции и влиянием вмешивающихся факторов (конфаундеров) [12, 28], в некоторых случаях использование SMR вряд ли имеет альтернативу. Действительно, индекс RR предполагает разделение популяции на группы с разным уровнем экспозиции, что возможно сделать не всегда. Если же группа относительно однородна по воздействию, если данные для его уровней внутри группы неточны, или же имеются опасения о возможных смещениях (*bias*) при стратификации, то может быть желательным сравнение смертности с показателями

какой-либо внешней популяции, то есть использование SMR [24].

Наш анализ исследований эффектов у работников ядерной индустрии различных стран (в настоящей публикации не рассматриваются) показал, что, несмотря на все озвучиваемые недостатки SMR и весьма отчётливый HWE по разным показателям у названных работников (см. в [32]), практически в каждом соответствующем зарубежном исследовании приводятся именно SMR, а RR — реже во много раз (в российских работах — наоборот).

На неравнозначность SMR и RR указывалось ещё десятки лет назад [12], однако показано, что при некоторых условиях RR может быть удовлетворительно аппроксимирован из SMR [33].

1.4. SMR и Life expectancy (ожидаемая продолжительность жизни). Важным вопросом в свете настоящего исследования является соответствие показателя SMR индексу *Life expectancy*. С одной стороны указывалось, что, в принципе, можно найти или придумать такие модели, в которых SMR не отражали бы *Life expectancy* (Gaffey W.R., 1976) [12]. Но в последние десятилетия появился ряд работ, в которых предлагаются успешные формульные аппроксимации продолжительности жизни из индекса SMR [10, 34–36], причём последнее скандинавское исследование (2018) продемонстрировало чёткую линейную связь между *Life expectancy* и логарифмом SMR для каждой из четырёх стран (Дания, Норвегия, Швеция, Финляндия), когда за стандартную выбиралась смертность определённого периода (1980 г.) [10].

1.5. Предпосылки настоящего исследования. Ранее нами анализировался HWE для работников ядерной индустрии, и на примере когорты Великобритании и когорты ПО «Маяк» было обнаружено, что индекс SMR в более ранние десятилетия имел намного меньшую величину, чем в последующее время [32]. Представляло интерес сравнение величин SMR по *all causes* и *all cancer* для работников ядерной индустрии с показателями для другими профессиональными групп. В процессе попутного исследования был накоплен материал по SMR (*all causes* и *all cancer*) для большинства основных профессий и типов занятости, который реализовался в базу данных (базу источников). Информация о принципах формирования этой базы, её особенностях и полноте рассмотрена далее. База не включает публикации по работникам ядерной индустрии или, шире, радиационным работникам⁵, информация по которым собирается отдельно.

1.6. Цель и задачи исследования. Аналоги и прототипы. Первая, основная цель, не связанная здесь с работниками ядерной индустрии, достаточно глобальна: выявить самые «полезные» и самые «вредные» профессии и занятости применительно к наиболее интегральному показателю благополучия — к продолжительности жизни [39] (судя о таковой по SMR [10, 34–36]) в совокупности с показателем смертности от всех злокачественных новообразований. Второй целью является попытка определить соотношение между HWE для *all causes* и *all cancer* при различных типах занятости. Судя по всему, в широком масштабе подобные исследования выполняются впервые. Во всяком случае, нами не обнаружены ни обзоры, ни документы профильных организаций, в которых рассматривались бы две указанные проблемы, если, конечно, не считать упомянутую выше работу 1885 г. W. Ogle [2] для первого показателя.

Задачами, выполняемыми для достижения целей, являлось, во-первых, создание соответствующей базы источников, максимально охватывающей уместный материал, и, во-вторых, экстракция из неё данных по наиболее распространённым специальностям и типам занятости для выполнения сравнительных синтетических исследований.

Как указано, полные аналоги и прототипы не обнаружены. Некоторым подобием является обзор *Meijers J.M. et al.*, 1989 (Нидерланды, США) [40], целью которого было изучение влияния дизайна исследований на *HWE* для разных специальностей (270 профессиональных когорт), но на искомые проблемы ответов работа не даёт, причём *HWE* для *all cancer* не рассматривался вовсе.

2. Материалы и методы. 2.1. Принципы отбора и поиск источников. Как указано, в базу включались исследования для любых типов занятости (за исключением радиационных контингентов), в которых были представлены *SMR* вкуче, что важно (обоснование ниже), с $\pm 95\%$ доверительными интервалами (*CI*). Для подавляющего большинства просмотренных работ (по субъективной прикидке — 90–95%) теми или иными путями были извлечены оригиналы (*PDF*).

В некоторых случаях авторами были приведены только *SMR* и число *Observed* и *Expected* случаев смерти, либо — *SMR* и только число *Observed* смертей (что позволяет вычислить количество *Expected* смертей), а иногда — только *O/E*. В единичных работах фигурировали $\pm 90\%$ *CI*, вкуче, однако, с *SMR* и с числом *Observed* случаев. В подобных ситуациях величины *SMR* и/или недостающие $\pm 95\%$ *CI* вычисляли с помощью программы *WinPepi* (version 11.60; *J. Abramson; Israel*). В базу вносили источники только с полными данными по *SMR* $\pm 95\%$ *CI* (*all causes* и/или *all cancer*); в тех случаях, когда величины $\pm 95\%$ *CI* получить было невозможно, работы в базу не включались, поскольку только из *SMR* нельзя понять, насколько увеличение/уменьшение этого индекса является статистически значимым в принципе. Исключением в таких случаях являлось сообщение авторов работ (обычно — в единственно доступном резюме) о статистической значимости изменений индекса *SMR* (без данных о $\pm 95\%$ *CI*), но подобные ситуации были совсем единичными.

Принцип формирования базы данных предусматривал *SMR* только сравнительно с генеральной популяцией; в тех случаях, когда авторы параллельно представляли показатели и относительно иных групп, последним внимание здесь не уделялось.

Включались данные только для мужчин (ибо подспудная цель сформированной базы данных связана все же с профильными исследованиями работников ядерной индустрии). Впрочем, большинство когорт/групп были представлены именно мужчинами; в тех случаях, когда имелись данные для обоих полов, в базу вводилась информация только для мужчин. Наличие в большинстве случаев оригиналов публикаций позволяет при необходимости расширить анализ и для занятых женского пола.

При поиске источников первым подходом являлось использование *PubMed*. Поиск (октябрь — декабрь 2022 г.) на наиболее общую конструкцию [*SMR&all causes&workers*] выявил 1059 ссылок, но оказалось, что система неспецифично находит множество отдельных 'all' и 'causes'. Поэтому далее использовали более точные единые конструкции, то есть в двойных кавычках (обычно вместе с *SMR* для *all causes* в работах исследованы и величины *SMR* для *all cancer*):

[*"standardized mortality ratio"&"all causes"&workers*] — 110 ссылок.

[*"standardized mortality ratio"&"all causes"&occupational*] — 115 ссылок.

[*smr&"all causes"&workers*] — 297 ссылок.

[*smr&"all causes"&occupational*] — 330 ссылок.

Вторым подходом было использование мета-анализов на тему, найденных с помощью *PubMed* на конструкцию [*"standardized mortality ratio"&occupational&meta-analysis*], выдавшую 29 работ. Однако интересующими были не просто мета-анализы (или *pooled*-анализы), а те, в которых исследовались *SMR all causes* и/или *SMR all cancer*, но не показатели только для конкретных заболеваний. В двух работах предусматривались иные индексы смертности. Уместных мета-анализов оказалось 14.

Они вошли в базу и как отдельные источники, и как источники информации. Были проанализированы на предмет включения все входящие в них публикации, которых в некоторых случаях насчитывалось большое количество. Так, для мета-анализа смертности в области химической индустрии *Greenberg R.S. et al.*, 2001 [41], охватившего 461 когорт и 181 объединённую группу, имелось 186 ссылок.

2.2. Полнота и репрезентативность базы. Работы, выявленные рассмотренными методами поиска, были проанализированы на интересующие индексы риска; для подавляющего большинства, как сказано, удалось найти полные оригиналы. Видно, насколько широки были ключевые конструкции для поиска. И все равно абсолютная полнота выборки в базе не достигается, о чем косвенно свидетельствует то, что упомянутый объёмный мета-анализ по работникам химической индустрии *R.S. Greenberg* с соавторами от 2001 г. [41] не включал много уместных исследований тех лет. Это обнаружилось, в частности, по источникам в другом мета-анализе, посвящённом эффектам органических растворителей *Chen R., Seaton A.*, 1996 [42].

Выборочный скрининг списков литературы в статьях также выявлял новые источники, но просматривать на этот предмет многие сотни оригиналов публикаций не представлялось целесообразным.

Всего в базу вошло 706 когорт/групп, представленных в 689 работах (14 исследований охватили по 2 группы, а одна — четыре). Если сравнить величину 689 для числа источников в нашей базе с количеством, выявляемым через *PubMed* (максимум 330 работ) и с литературой в максимальном по объёму мета-анализе (186 ссылок) [41], то видно, что наша база намного более обширна. Применительно к целям исследования она, судя по всему, и репрезентативна, поскольку добавление все новых источников в базу с её промежуточным анализом показывало, что соотношение числа работ с наличием/отсутствием *HWE* по двух показателям к концу исследования изменялось мало.

Всего в базе были представлены 67 специальностей и типов занятости (если так можно выразиться, скажем, про священников).

Многие результаты исследований оказываются неожиданными (см. также ниже). К примеру, не обнаружено ощутимого *HWE* по *all causes* у буддистских священников (*SMR*=0,91 (95% *CI*: 0,65; 1,23) [43] и китайских «травников» (*SMR*=0,96 (95% *CI*: 0,87; 1,1) [44]), в то время как производство полупроводников в Южной Корее выявило неправдоподобный *SMR*=0,25 (95% *CI*: 0,21; 0,29) [45]. Многие военнослужащие, включая участников Второй мировой войны, а также различных ветеранов

Корейской войны и войны в Персидском заливе, имеют завышенные *HWE* по обоим показателям (например, [46, 47]).

2.3. Условие наличия *HWE*. О наличии *HWE* судили, исходя из того, что верхняя граница 95% *CI* для *SMR* должна быть <1,0 [48]. Сходный подход использовался в итальянском исследовании *SMR* у вагоноремонтников [49]⁶, для угольщиков Великобритании [50]⁷, а также при оценке пороговой дозы для радиогенных катаракт в когорте пострадавших от атомной бомбардировки. Об отсутствии порога в последнем случае свидетельствовала, согласно авторам, величина нижнего 90% *CI* <1,0 [51, 52]⁸. Логика здесь может заключаться в том, что размер стандартной генеральной популяции очень велик и, потому, величины $\pm 95\%$ *CI* для табельного коэффициента смертности должны быть очень малы. Поэтому, теоретически, они не будут перекрываться с верхним 95% *CI* исследуемой группы равным, скажем, даже 0,99 (а при верхнем 95% *CI* равным, округлённо, 1,0, *HWE* считался отсутствующим, хотя перечень таких работ и собирался в базе отдельно).

Исходя из подобного подхода видно, что у упомянутых выше лам [43] и китайских «травников» [44] *HWE* полностью отсутствует (верхние 95% *CI* >1,0). Следует отметить, что столь жёсткий критерий используется не всегда — нередко авторы рассуждают о наличии *HWE* исходя только из *SMR* <1,0, без оглядки на 95% *CI* (к примеру, [53, 54]). Это размывает границы доказательности, поскольку данные о статистической значимости отличий (когда вопрос о ширине $\pm 95\%$ *CI* отходит на второй план) встречались в публикациях базы относительно редко.

3. Результаты и их обсуждение. 3.1. Доля работ с наличием/отсутствием *HWE* по двум показателям в общей базе. В большинстве исследований имелись данные для *SMR* и *all causes*, и *all cancer*. Однако в части работ могла отсутствовать информация о первом или втором показателе. Таким образом, применительно к наличию/отсутствию *HWE* по двум параметрам комбинаторика привела к формированию восьми групп. Результаты представлены в таблице 1.

Из таблицы 1 видно, что, действительно, для 83% источников в базе имеются сведения об *SMR* и для всех слу-

Таблица 1 / Table 1

Распределение групп с различными соотношениями *HWE* по *all causes* и *all cancer* по числу источников и их частоте в базе

Distribution of groups with different *HWE* ratios for *all causes* and *all cancer* according to the number of sources and their rate in the database

<i>HWE</i> for <i>SMR</i> <i>All causes</i>	<i>HWE</i> for <i>SMR</i> <i>All cancer</i>	<i>n</i> (%) [*]
Yes	Yes	154 (21,8%)
Yes	No	155 (22,0%)
Yes	No data	34 (4,82%)
No	Yes	11 (1,6%)
No	No	266 (37,7%)
No	No data	44 (6,24%)
No data	Yes	9 (1,3%)
No data	No	32 (4,54%)

Примечание: * — приведён % от суммы всех групп в базе (*n*=706).

Note: * — the percentage of the sum of all groups in the database is presented (*n*=706).

% from the sum

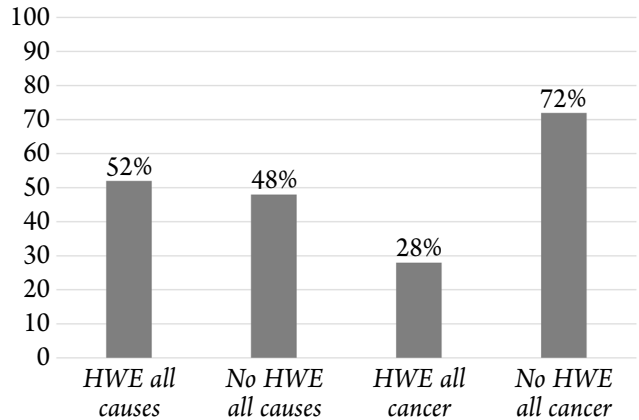


Рис. 1. Доли исследований в базе с наличием/отсутствием *HWE* по *all causes* и *all cancer*. В % от суммы всех источников с данными для каждого показателя (*n*=664 и *n*=627 соответственно)

Fig. 1. Parts of studies in the database with/without *HWE* for *all causes* and *all cancer*. In % of the sum of all data sources for each index (*n*=664 and 627 respectively)

чаев, и для всех злокачественных новообразований. Исходя из суммы полных источников для каждого из двух показателей (*n*=664 для *SMR all causes* и *n*=627 для *SMR all cancer*) были оценены доли исследований, в которых имелся или не имелся *HWE* (рис. 1).

Итак, из нашей наиболее репрезентативной, вероятно, базы данных по *SMR* следует, что среди 67 специализаций и занятий *HWE* по общей смертности характерен только для чуть более половины таковых, точнее надо говорить — «для половины». В упоминавшемся выше некоем аналоге нашего исследования — обзоре Meijers J.M. et al., 1989 [40], охватившем 270 групп, процент работ с *HWE* был несколько выше — 59% до 1981 г. и 65% с 1981 г. Среди четырёх стран и регионов (США, Канада, Великобритания, Скандинавия) доля источников с *HWE* варьировала от 50% до 73% [40].

Однако наше исследование и более позднее, и полное в 2,6 раза. Вероятно, можно сделать вывод на все последующие времена, который вряд ли будет опровергнут: для всех типов занятости *HWE* далеко не вездесущ и охватывает только порядка 50% специализаций и занятий.

В указанном обзоре 1989 г. [40], как отмечалось выше, полностью отсутствуют сведения об *HWE* по смертности от раков. Из наших данных (рис. 1) следует, что, как и утверждалось рядом авторов в качественном плане [7, 24, 28], *HWE* применительно к *SMR* по *all cancer* встречается в два раза реже, чем *HWE* по *all causes*, хотя для некоторых специальностей соотношение почти равны (см. ниже). Но именно для недооценки частоты раков после профессиональных воздействий *HWE* рассматривается как особо серьёзный конфаундер [31]. Считается, что возникновение злокачественных новообразований менее предсказуемо, чем иные патологии [55], и это приводит якобы к тому, что при первичном профессиональном отборе (причём молодых и относительно молодых людей) невозможно выполнить соответствующий скрининг [7, 24, 28, 56]. Важным является здесь и обычно длительный латентный период для солидных раков [7, 28]. Отмечается, что большинство видов рака не связаны с длительным периодом плохого состояния здоровья, что могло бы повлиять на возможность трудоустройства задолго до наступления смерти [56].

Но эпидемиологическая реальность в очередной раз оказывается иной, чем предположения, основанные на клинических наблюдениях и биологических механизмах [57]. Обнаруживается *HWE* по *all cancer* для многих специальностей, включая контактирующих с заведомо канцерогенами факторами, как, например, работники ядерной индустрии [58–61] (и мн. др.; в ссылках представлены только отдельные исследования из Великобритании, Франции, США и Испании). Можно найти такие же факты, скажем, даже для шахтёров угольных шахт [62, 63].

В результате одни авторы приходят к выводу, что именно отсеивание при приёме на вредные производства обуславливает последующий *HWE* по *all cancer*, в то время как другие указывают, что обычно отсев «по медицинским причинам» невелик (1–5%), и данная гипотеза статистически несостоятельна [64].

Данная работа подводит некоторые итоги (*рис. 1*): теперь можно утверждать, во-первых, что *HWE* по *all cancer* встречается в два раза реже, чем *HWE* по *all causes*, и, во-вторых, что данный эффект будет характерен для чуть более четверти всех исследований смертности для различных профессий и занятий. Что весьма немало, конечно.

3.3. Соотношение между наличием *HWE* двух типов. На *рисунке 2* представлены результаты исследования доли работ, в которых выявлены или не выявлены *HWE* по двум показателям, в % от числа тех исследований, в которых имелись данные и для *all causes*, и для *all cancer* ($n=586$).

Опять можно сделать вывод (первые два столбца на *рис. 2*), что *HWE* по *all causes* встречается ровно в два раза чаще, чем для *all cancer*. Очень мало групп, в которых имелся бы эффект по смертности от раков, но не имелся бы по общей смертности. Всего подобных работ 11 (*табл. 1*), и повторов занятости в них не имеется.

И последнее — из *рисунка 2* вновь видно, что почти в половине случаев (45%) *HWE* не выявляется ни по одному из двух показателей смертности. Это опровергает озвученные представления, что всегда контингенты работников (если занятия не чересчур вредные и опасные) будут иметь $SMR < 1,0$ по основным показателям сравнительно с генеральной популяцией, поскольку в таковую входят хронические больные, увечные, неработоспособные, безработные и пр. [12, 24, 28].

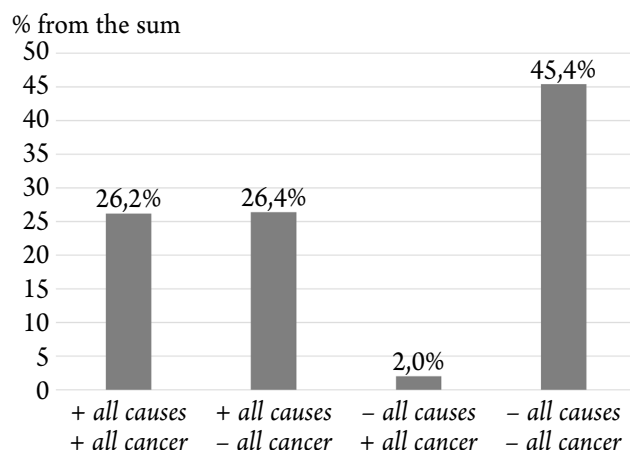


Рис. 2. Доли работ с наличием или отсутствием *HWE* по двум показателям. В % от числа исследований, в которых имелись данные для *all causes* и *all cancer* ($n=586$)
Fig. 2. Parts of studies with or without *HWE* by two indexes. In % of studies with data available for *all causes* and *all cancer* ($n=586$)

Но действительно ли среди той почти половины контингентов на *рисунке 2*, для которых не выявлены *HWE*, работы и занятости настолько вредны и опасны?

3.4. Наличие/отсутствие *HWE* по специальностям и типам занятости. В *таблицах 2* и *3* представлены доли работ с наличием *HWE* по *all causes* и *all cancer* соответственно для наиболее распространённых в базе специальностей (плюс космонавты) в % от всех источников с *HWE* по этим показателям и в % от суммы всех источников по данной специальности (последнее показывает как бы потенциал специальности к *HWE*).

Данные в *таблицах 2* и *3* демонстрируют ряд сюрпризов. Хотя вклады специализаций в общий пул могут отличаться не слишком, как, скажем, для воздействия тяжёлых металлов (конкретно — самых токсичных: *Hg*, *Cd*, *Pb*, *Cu*), нефтяной и нефтехимической индустрии, а также металлургии (то есть весомость групп сопоставима), величины *HWE* отличаются в разы или даже абсолютно (если сравнивать с эффектами тяжёлых металлов — лидеров по отсутствию *HWE*, хотя *SMR* и здесь обычно не слишком превышали 1,0). Таким образом, влияние величины групп вряд ли имеет особое значения при сравнении эффектов.

А «сюрпризы» читатель может видеть сам; реальные данные устраняют многие стереотипы. Шахтёры и пилоты, если посмотреть журналистские опросы и Интернет, входят в перечень «самых опасных профессий». Действительно, шанс погибнуть у них много выше, чем у обычного человека из населения, но шанс умереть, согласно данным в *таблицах 2* и *3*, — в целом меньше. У шахтёров среднее *SMR all causes* для тех 50% исследований, где обнаружилась *HWE* (*табл. 2*), составило 0,82 ($n=6$), а для пилотов в этом плане (частота *HWE* 89% — *табл. 2*) средний индекс *SMR* и вовсе равен 0,58 ($n=15$).

С философской позиции меньший шанс умереть при большем шансе погибнуть кажется предпочтительнее. Поскольку общая смертность включает все причины.

Что ещё можно отметить, так это особую «неполезность» как работы с наиболее токсичными тяжёлыми металлами, так и в условиях пыли различного происхождения, а также с асбестом. Эти профессии по вредности не могут сравниться даже с химической промышленностью. Неожиданно относительно мал вредный эффект металлургии, каучуковой и, в целом, химической индустрии.

Высокие доли *HWE* для нефтяной и нефтехимической промышленности объясняются, скорее всего, повышенным экономическим и социальным статусом подобной занятости, а также лучшим медицинским обслуживанием, но никак не отбором. Этот контингент, так сказать, наглядно опровергает пословицу «здоровье не купишь».

В целом имеется некая тенденция к меньшей частоте *HWE* по *all cancer* для тех работ, которые связаны с канцерогенами: для химической, нефтяной и нефтехимической промышленности, а также для производства каучука и шин (ср. данные в *табл. 2* и *табл. 3*).

Но исследования космонавтов (астронавтов) и врачей — вне конкуренции по высокой частоте *HWE*.

3.5. Подтверждение перманентных успехов медицины: продолжительность жизни врачей сравнительно с населением линейно возрастает с каждым десятилетием. Космонавты и астронавты в нашем исследовании представлены немногими работами (всего 4), причём одна из них, из США (*Reynolds R.J. et al.*, 2014 [65]), имеет абсурдные показатели *SMR*. Потому данный контингент включён здесь скорее для иллюстрации, ибо ясно,

Таблица 2 / Table 2

Распределение по специальностям / типам занятости по наличию HWE для all causes
Distribution of specialties by the presence of HWE for all causes

<i>Specialization or employment</i>	<i>Number of works for specialty</i>	<i>Part all works from all sources (n=664), %</i>	<i>Part of the specialty sources with HWE, %</i>
Тяжёлые металлы (<i>Heavy metals</i>): Hg, Cd, Pb, Cu	20	3,0	0
Песок, тальк, пыль от кварца и других минералов (<i>Sand, talc, dust from quartz and other minerals</i>)	19	2,9	5
Асбест; разное (<i>Asbestos; different</i>)	49	7,4	10
Каучук, шины (<i>Rubber, tires</i>)	37	5,6	41
Металлургия, разное (<i>Metallurgy, different</i>)	35	5,3	47
Лётный персонал в целом (<i>Flight personnel in general</i>)	23	3,5	47
Шахтёры (<i>Miners</i>)	12	1,8	50
Химическая промышленность (<i>Chemical industry</i>)	176	26,5	55
Только пилоты (<i>Only pilots</i>)	18	2,7	89
Врачи (<i>Physicians</i>)	32	4,8	94
Нефтяная и нефтехимическая промышленность (<i>Oil and petrochemical industry</i>)	35	5,3	97
Космонавты, астронавты (<i>Cosmonauts, astronauts</i>)	4	0,6	100

Таблица 3 / Table 3

Распределение специальностей по наличию HWE для all cancer
Distribution of specialties by the presence of HWE for all cancer

<i>Specialization or employment</i>	<i>Number of works for specialty</i>	<i>Part all works from all sources (n=627), %</i>	<i>Part of the specialty sources with HWE, %</i>
Тяжёлые металлы (<i>Heavy metals</i>): Hg, Cd, Pb, Cu	19	3,0	5
Асбест; разное (<i>Asbestos; different</i>)	43	6,9	2
Песок, тальк, пыль от кварца и других минералов (<i>Sand, talc, dust from quartz and other minerals</i>)	17	2,7	6
Химическая промышленность (<i>Chemical industry</i>)	173	27,6	16
Каучук, шины (<i>Rubber, tires</i>)	38	6,1	18
Металлургия, разное (<i>Metallurgy, different</i>)	35	5,6	20
Шахтёры (<i>Miners</i>)	10	1,6	50
Лётный персонал в целом (<i>Flight personnel in general</i>)	22	3,5	50
Нефтяная и нефтехимическая промышленность (<i>Oil and petrochemical industry</i>)	48	7,7	56
Только пилоты (<i>Only pilots</i>)	17	2,7	65
Космонавты, астронавты (<i>Cosmonauts, astronauts</i>)	4	0,6	67
Врачи (<i>Physicians</i>)	24	3,8	96

во-первых, «кого берут в космонавты», и, во-вторых, выборка слишком мала (хотя для космонавтов HWE по all cancer пока не выявился [66]).

Более любопытны данные, однако, для зарубежных врачей. Наша подборка соответствующих источников является, судя по всему, полной, что позволяет выполнить систематический обзор и мета-анализ. Это, вероятно, будет сделано в иное время. Но основные закономерности можно в кратком виде рассмотреть и здесь. В **таблице 4** приведена подборка всех уместных исследований SMR по all causes у врачей разных специальностей, начиная с работы W. Ogle от 1886 г. конкретно по медикам, а на **рис. 3** — Forest plot с качественными данными по SMR для общей смертности вкупе с $\pm 95\%$ CI.

Аналогичная закономерность наблюдалась у врачей и для SMR по all cancer, хотя, в отличие от вредных производств [64], никакого предварительного отбора подобного рода для медиков нет. Величины SMR для all cancer, выявленные в исследованиях, характеризовались средним значением SMR=0,6; 95% CI: 0,53; 0,66).

Таким образом, сравнительно с населением врачи имеют, так сказать, «сниженную на 40%» смертность от рака. Авторы американского исследования Frank E. et al., 2000 [67], обнаружив такой же эффект у врачей по-иному показателю смертности (*Proportionate mortality ratio*; PMR), заявили: «Эти выводы должны помочь развеять миф о нездоровом докторе. Врачи не являются "идеальными мишенями" для болезней и плохого состояния здоровья, как

Исследования врачей по SMR для all causes
Physician research on SMR for all causes

Source	Cohort/Group	End of follow-up
Ogle W. <i>Med Chir Trans.</i> 1886; 69: 217–37*.	Doctors, UK	1882
Dublin L.I., Spiegelman M. <i>J Am Med Assoc.</i> 1947;134(15): 1211–5.	Doctors, USA	1942
Dickinson F.G. et al. <i>J Am Med Assoc.</i> 1956; 162(16): 1462–8.	Doctors, USA	1951
Lee P.N. <i>Br Med J.</i> 1979a;2(6204): 1538–40.	Doctors, UK	1953
Lee P.N. <i>Br Med J.</i> 1979b; 2(6204): 1538–40.	Doctors, UK	1972
Goodman L.J. <i>MMFQ Health Society</i> 1975a; 53(3): 353–75.	Doctors, USA	1973
Goodman L.J. <i>Milbank Mem Fund Q Health Soc.</i> 1975b; 53(3): 353–75.	Doctors, USA	1973
Harrington J.M. <i>Br Med J.</i> 1975a; 4(5992): 329–32.	Doctors, UK	1973
Ullmann D. et al. <i>J Am Med Assoc.</i> 1991; 265(18): 2352–9.	Doctors, USA	1975
Registrar General, 1978; cited in: Murray R. <i>J R Coll Physicians Lond.</i> 1978; 12(5): 403–15.	Doctors, UK	1978
Enstrom J.E. <i>Br J Med.</i> 1983; 286: 1101–5.	Doctors, USA	1979
Araki S. <i>Am J Ind Med.</i> 1986; 10(1): 91–9.	Doctors, Japan	1982
Schlicht S.M. et al. <i>Med J Aust.</i> 1990; 153(9): 518–21.	Doctors, Australia	1986
Shima M. et al. <i>Nihon Koshu Eisei Zasshi.</i> 1992; 39(3): 139–46.	Doctors, Japan	1990
Carpenter L.M. <i>Occup Environ Med.</i> 1997; 54(6): 388–95.	Doctors, UK	1992
Juel K. et al. <i>Int. J. Epidemiol.</i> 1999; 28(3): 456–60.	Doctors, Denmark	1992
Innos K. et al. <i>Scand J Public Health.</i> 2002; 30(2): 133–40.	Doctors, Estonia	1998
Aasland O.G. et al. <i>BMC Public Health.</i> 2011; 11: Article 173.	Doctors, Norway	2000
Shin Y.C. et al. <i>J Prev Med Pub Health.</i> 2005; 38(1): 38–44.	Doctors, Korea	2002
Liu S.H. et al. <i>Tohoku J Exp Med.</i> 2008; 216(2): 187–94.	Doctors, China	2003
Shang T.F. et al. <i>Occup Med (Lond).</i> 2011; 61(1): 29–32.	Doctors, Taiwan	2006
Bruce D.I. et al. <i>Anesthesiology.</i> 1968; 29(3): 565–9.	Anesthesiologists, USA, Canada	1966
Lew E.A. <i>Anesthesiology.</i> 1979; 51(3): 195–9.	Anesthesiologists, USA	1976
Neil H.A.W. et al. <i>Brit. Med. J.</i> 1987; 295(6594): 360–2.	Anesthesiologists, UK	1983
Alexander B.H. et al. <i>Anesthesiology.</i> 2000; 93(4): 922–30.	Anesthesiologists, USA	1995
Ohtonen P, Alahuhta S. <i>Acta Anaesthesiol Scand.</i> 2017a; 61(8): 880–4.	Anesthesiologists, Finland	2014
Harrington J.M. <i>Br Med J.</i> 1975b; 4(5992): 329–32.	Pathologists, UK	1973
Harrington J.M., Oakes D. <i>Br J Ind Med.</i> 1984; 41(2): 188–91.	Pathologists, UK	1980
Hall A. et al. <i>Am J Ind Med</i> 1991; 20(1): 83–9.	Pathologists, UK	1987
Stroup N.E. et al. <i>J Natl Cancer Inst.</i> 1986; 77(6): 1217–24.	Anatomists, USA	1979
Ohtonen P, Alahuhta S. <i>Acta Anaesthesiol Scand.</i> 2017b; 61(8): 880–4	Pediatricians, Finland	2014

Примечание: * — Crude ratio. Индекс относительно не генеральной, а «общей рабочей популяции». Работа 1886 г. приведена только для иллюстрации; в расчёты и синтетические исследования не входила.

Note: * — Crude ratio. The index is relative not to the general, but to the 'general working population'. The work of 1886 is presented only for illustration and was not included in the calculations and synthetic studies.

указывают некоторые [68]». К работе [68] можно добавить аналогичный обзор в 'Lancet', в котором утверждает-ся о повышенной смертности врачей [69].

Уместно сказать, что данный миф с 2000 г. [67] остаётся неколебимым (конечно, здесь мы имеем в виду период до пандемии COVID-19, то есть до 2020 г.). Наши попытки найти соответствующие исследования для России успехом не увенчались. В Рунете мелькают следующие фразы в СМИ и на околomedicalных сайтах (приведённое далее — период до пандемии):

«По статистике, продолжительность жизни врачей в среднем на пятнадцать лет короче, чем у пациентов. Почему медики живут меньше своих пациентов». «Продолжительность жизни врачей, по данным ВОЗ, составляет

в среднем 54 года» (со ссылкой на Ростовский ГМУ) (<https://rg.ru/2011/06/17/mediki.html>).

«Средняя продолжительность жизни у врачей на 15 лет меньше, чем у пациентов, почему?» (<https://m.e1.ru/f/36/489666/>).

«Почему врачи в России живут на 20 лет меньше?» (<https://www.bokoystom.ru/news/pochemu-vrachi-v-rossii-zhivut-na-20-let-menshe/>).

«Умирают, чтобы спасти. Почему в России жизнь врачей короче жизни их пациентов» (<https://novayagazeta.ru/articles/2017/11/10/74508-umirayut-chtoby-spasat>).

Можно найти и ещё подобные утверждения. Хотя СМИ и околomedicalные сайты Рунета кажутся не слишком серьёзными источниками, надо учитывать их влияние

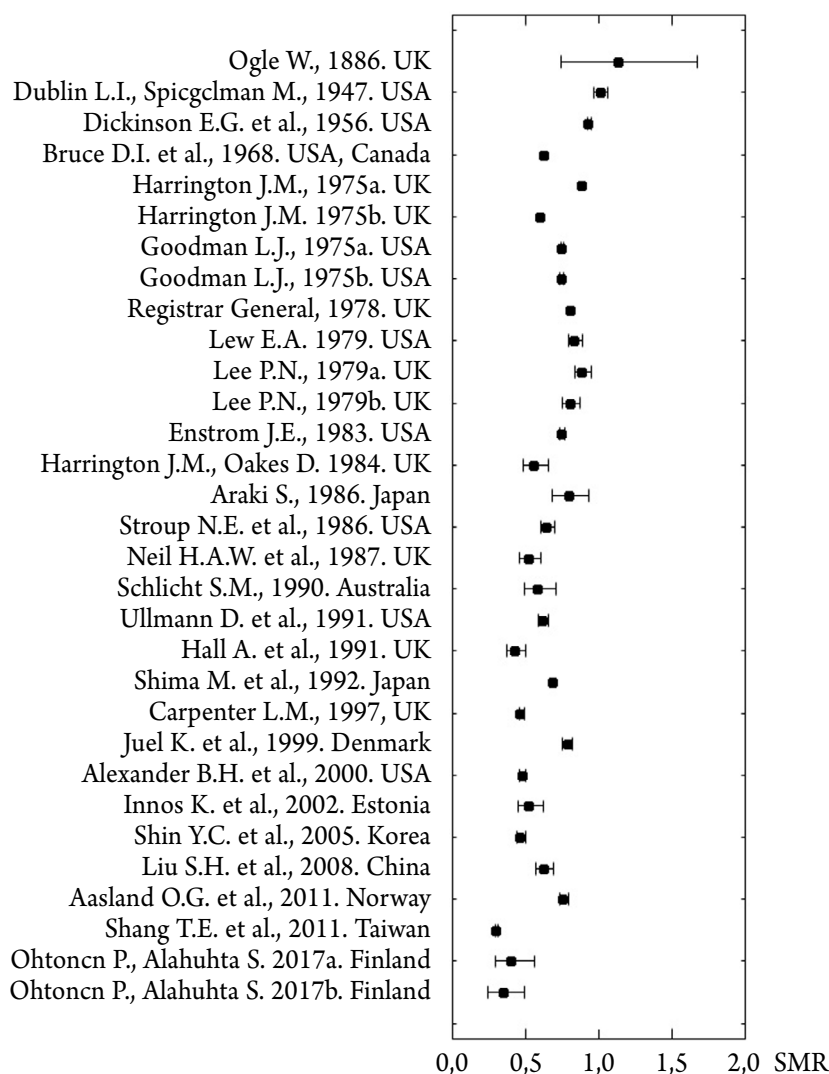


Рис. 3. Forest plot для полной выборки исследований SMR врачей по общей смертности сравнительно с генеральной популяцией. Исследования расположены в хронологическом порядке. Построено с помощью программы Statistica, ver. 10W

Fig. 3. Forest plot for the full sample of physician SMR studies on overall mortality compared to the general population. The studies are arranged in chronological order. Graph was made using the program Statistica, ver. 10

не только на обыденное, но и на обыденно-научное сознание (то есть на научных специалистов иного, даже близкого профиля), несоизмеримое с действием специальных публикаций, причём не всегда доступных *on-line*. И нам не удалось найти источники ВОЗ, в которых врачам приписывалась бы ленинская продолжительность жизни. На деле — в среднем 76–81 год для разных специальностей по крайней мере в Великобритании (1997–2019), если не считать врачей экстремальных ситуаций (59 лет) [70].

Благоприятный эффект медицинской специальности и занятости на общую смертность усиливается с каждым десятилетием (уточним все же, что для развитых зарубежных стран и, опять, в период до пандемии). Исходя из данных по SMR для *all causes*, приведённым в **табл. 4** и на **рис. 3**, были рассчитаны *Mean* $\pm$ 95% CI для SMR по декадам (**рис. 4**).

Снижение уровня SMR, то есть повышение *Life expectancy* сравнительно с населением стран, характеризуется, как видно из **рис. 4**, очень высокой статистической

значимостью. Для показателя смертности от всех раков такой зависимости не обнаружено: $r = -0,113$; $p = 0,627$ (не по декадам, а для всей выборки отдельных работ; SMR относительно конца периода *follow-up*, величины которого приведены в **табл. 4**). То есть врачи во все периоды имели почти одинаково сниженную смертность от рака (первая работа — 1926 г.; в **таблице 4** не отображена).

В некоторых исследованиях попытались выдвинуть возможные объяснения тому, что врачи, борющиеся за здоровье людей, по своему здоровью, скажем так, «почти равны космонавтам». Многие авторы относят эффект к профилактике [67, 69] (и др.).

Финские исследователи [71], озадаченные «чрезвычайно низким уровнем случаев рака у медиков», указывают, что навыки врачей вряд ли способствуют предотвращению рака, да и такие вредные привычки, как курение, у финских медиков не были настолько низки, в то время как употребление алкоголя вовсе не отличалось. В результате, для авторов [71] причины снижения частоты раков у

врачей остаются тайными: «Какой бы похвальный фактор образа жизни ни имел места, вероятно, что образ жизни врачей каким-то образом позволил им добиться большего успеха в предотвращении раков, чем иным людям с равным социально-экономическим статусом».

Мы же позволим себе высказать собственные предположения о «похвальных факторах», причем сразу отметим, что имеются в виду зарубежные медики, потому что для смертности российских врачей данных у нас нет. Скорее всего, вопросы профилактики и знаний вторичны. На деле врачи имеют лучший доступ к медицине, к лучшим специалистам. В связи с профессиональной солидарностью, медицинское обслуживание и информирование их отличается большим вниманием. Важным, на наш взгляд, является и, вероятно, более раннее лечение неопухолей, недопущение их превращения в хронические, что в последующем может приводить к канцерогенным последствиям. Орган и ткань, длительное время страдающие даже воспалением, имеют реальные биологические механизмы к последующей индукции злокачественных опухолей (как это известно, по крайней мере, для доброкачественных патологий щитовидной железы, при которых почти на два порядка чаще индуцируется рак [72]). Если вернуться к графику на *рис. 4*, то можно видеть, что снижение смертности врачей сравнительно с населением началось в 1940–1950-е гг., как раз с распространением и доступностью антибиотиков⁹.

Помимо подтверждения явных успехов медицины, ещё один положительный вывод нашего исследования смертности медиков заключается в обнадеживании для борьбы с раком. Очевидно, что врачи не проходят никакой отбор по здоровью, ни на производстве, ни самоотбор. Эти люди вряд ли исходно отличаются по биохимии и физиологии от населения, в отличие, скажем, от пилотов и космонавтов. Однако имеется значительный эффект по снижению смертности от рака, которого представителям данной профессии удалось добиться, безотносительно конкретики объективных и, вероятно, субъективных механизмов, способствующих этому. Значит, в потенциале такого же эффекта по снижению смертности от рака могут добиться и представители населения; эта смертность нефатальна.

4. Выводы:

1. Путём поиска в PubMed и скрининга публикаций в соответствующих мета-анализах сформирована не имеющая полных аналогов и прототипов база данных (база источников) для работ по оценке индексов «стандартизованного отношения смертности» (SMR $\pm$ 95% CI) сравнительно с генеральной популяцией применительно к общей смертности и смертности от всех злокачественных новообразований («всех раков») для различных профессий и типов занятости. База включает 689 публикаций (706 когорт/групп, 67 профессий и типов занятости). Проведена оценка наличия «эффекта здорового работника» (HWE) в вошедших в базу исследованиях на основе критерия величины верхнего 95% CI меньше единицы.

2. Обнаружено, что среди всех профессий и типов занятости HWE по общей смертности выявлен только для 52% когорт/групп, а по смертности от всех раков — только для 28% когорт/групп. Это опровергает имеющееся представление, что для любых рабочих групп (если занятие не слишком вредное и опасное) SMR сравнительно с населением всегда меньше единицы.

3. HWE по обоим индексам одновременно имел место в 26% случаев; такая же величина выявлена для наличия HWE

SMR, all causes, all doctors

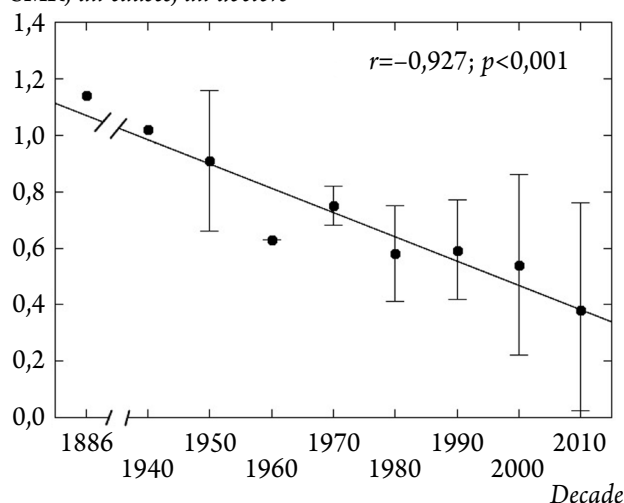


Рис. 4. Хроно-динамика изменений SMR по общей смертности для зарубежных врачей по декадам. Представлены Mean $\pm$ 95% CI для исследований в рамках декад. Коэффициент корреляции Пирсона рассчитан с помощью программы Statistica, ver. 10; работа 1886 г. в этот расчёт не включалась

Fig. 4. Chrono-dynamics of SMR changes in total mortality for foreign doctors by decades. Mean $\pm$ 95% CI for studies within decades are presented. The Pearson correlation coefficient was calculated using the program Statistica, ver. 10; the work of 1886 was not included in this calculation

по общей смертности при отсутствии HWE по смертности от всех раков. Для 2% исследований показана обратная зависимость (отсутствие HWE по общей смертности при наличии эффекта по смертности от всех раков). Последняя выборка не подпадала под какие-либо логические или медико-биологические объяснения, и соответствующие результаты в единичных работах, вероятно, случайны.

4. Анализ эффектов по профессиям и типам занятости продемонстрировал отсутствие строгих зависимостей между HWE и канцерогенным потенциалом деятельности, хотя определённая тенденция и имела место. Частота работ с HWE для конкретных профессий и занятий выявила в качестве наиболее «неполезных» работу с такими тяжёлыми металлами, как Hg, Cd, Pb, Cu (частота HWE = 0% по общей смертности и 5% (шахтёры, добывающие ртуть) по смертности от злокачественных новообразований; одна публикация), затем деятельность, связанную с воздействием пыли (табак, кварц, различные минералы и т. п.) — частота HWE всего 5% и 6% по двум показателям и воздействие асбеста (частота HWE = 10% и 2% соответственно). По наивысшей частоте HWE лидирующие позиции занимали пилоты, работники нефтяной и нефтехимической промышленности, а также врачи (данные — только для развитых зарубежных стран) и космонавты.

5. Для врачей HWE по общей смертности выявлен для 94%, а для смертности от всех раков — для 96% исследований (последний показатель выше, чем у космонавтов). Анализ, выполненный на полной выборке исследований SMR у врачей (1886–2017) продемонстрировал строгое линейное снижение величины SMR по общей смертности сравнительно с населением начиная с 1940-х гг. ($r = -0,927; p < 0,001$), с достижением к 2010-м гг. SMR = 0,38 (95% CI: 0,01; 0,76). При этом смертность от всех раков у врачей была снижена сравнительно с населением практически в равной степени

для всех временных периодов, начиная с 1926 г. (среднее SMR=0,6; 95% CI: 0,53; 0,66).

6. Возможные причины сниженной сравнительно с населением смертности у зарубежных врачей заключаются не только в профилактике и профессиональных навыках, но, вероятно, в лучшем доступе к медицине и специалистам.

5. Примечания:

1. Согласно обзору Liddell F.D.K., 1960 [5] (хронологически это первый источник в PubMed, выявляемый на точную конструкцию "standardized mortality ratio"), «Осознание того, что опасности для здоровья различные для разных профессий, восходит минимум к Гиппократу, но оценка профессиональной смертности, по-видимому, началась с переписи населения в Великобритании в 1851 г. [1]». Следующей хроно-вехой по теме является часто цитируемое [7–9] исследование 1885 г. William Ogle [2], также из Великобритании, продемонстрировавшее в том числе меньшую смертность ряда рабочих групп сравнительно с общей популяцией. Далее, согласно Skriver M.V. et al., 2018 [10], идёт работа Yule G.U., 1934 [3] (вновь Великобритания), заложившая, вслед за W. Ogle, основы стандартизации коэффициентов смертности и их отношения (в тексте есть уже 'observed number of deaths', 'deaths expected on the basis of the death-rates for the Standard Population', 'standardized death-rate' и т. п.) и «классическая» публикация Case R.A., Lea A.J., 1955 (опять Великобритания) [4], посвящённая оценке смертности ветеранов Первой мировой войны, подвергавшихся воздействию горчичного газа.

2. В русскоязычной литературе распространено наименование «стандартизованный коэффициент смертности», представленное в ряде медицинских публикаций как замена SMR, причём именно так отображает понятие даже переводчик Google; много подобного и на околomedicalных и «обучающих» сайтах Рунета. Начало этому положено, судя по всему, Федеральной государственной службой статистики РФ. Так, в томе 5 восьмитомника «Демографическая и социальная статистика» (е-версия; 2011 г.), посвящённом «статистическим терминам», в котором, как там сказано, «систематизированы основные категории и понятия, используемые в современной социальной статистике РФ; обобщён накопленный в России и других странах мира опыт исследования происхождения и толкования терминов и терминологических сочетаний», понятие «стандартизованное отношение смертности» отсутствует на всех 482 страницах, а в соответствующей статье в качестве него фигурируют некие «стандартизованные прямым способом общие коэффициенты смертности», представляющие собой почему-то отношение наблюдаемого к ожидаемому числу случаев (O/E) [13]. Отдельными отечественными авторами (например, [16–18]) используется аббревиатура 'SMR' именно для стандартизованного коэффициента смертности (применительно к абсолютной частоте — 'rate', а не к отношению, в отличие от статьи авторов службы статистики [13]), что выглядит тоже странно, особенно в англоязычном резюме. Но «стандартизованное отношение смертности» является более правильным термином и по транслитерации, и по смыслу (поскольку отношение и есть). Использование названия «стандартизованный коэффициент смертности» для SMR неправомерно потому, что данный коэффициент подразумевает

В связи с профессиональной солидарностью, медицинское обслуживание и информирование врачей отличается, по-видимому, большим вниманием. Важным является и более раннее лечение неопасных патологий, недопущение их превращения в хронические, что в последующем может приводить к канцерогенным последствиям.

иное — частоту смертности на 100 тыс. популяции [19], а не какое-то отношение. Однако отображение англоязычного наименования SMR как «стандартизованного отношения смертности» все же имеет место — в наиболее весомых русскоязычных эпидемиологических источниках. К примеру — в переводе «Словаря по эпидемиологии» J.M. Last под редакцией В.В. Власова [14], в пособиях по эпидемиологии как этого автора [15], так и других отечественных исследователей [20], а также в отдельных документах официальных органов России [19].

3. 'The SMR has been the common currency of epidemiology for over a half century, and has been, directly or indirectly, the tool which has uncovered major occupational hazards' [12].

4. В русскоязычных источниках основных отечественных исследователей феномена [9] (и др.) используется неудачный калькированный перевод «эффект здорового рабочего», который сразу наводит на мысль об «эффекте здорового крестьянина», тем более что у фермеров он тоже встречается [26]. Более корректным представляется, однако, наименование «эффект здорового работника» из столь авторитетных публикаций, как упомянутый перевод под редакцией проф. В.В. Власова 'A Dictionary of Epidemiology' J.M. Last [14] и пособие по эпидемиологии указанного автора [15]. Имеются и иные источники, где встречается более правильный термин (например, Бухтияров И.В. и др., 2022 [27]), однако таковых немного.

5. Термин 'radiation workers', в отличие от 'nuclear workers', неспецифично охватывает все контингенты, имеющие дело с лучевым фактором: как ядерную индустрию, так и медицинских радиологов и рентгенологов, а также промышленных радиографистов [37, 38].

6. 'SMR for all causes was 69, with upper limit of the confidence interval lower than 100; this was largely due to a significant decrease of cardiovascular mortality' [49].

7. В Table 2 работы [50] для периода 1959–1974 гг. представлены SMR ±95% CI для внешних и прочих ('internal') причин смерти (SMR=0,86 (95% CI: 0,7; 1,06) и SMR=0,91 (95% CI: 0,87; 0,95) соответственно). Авторы, однако, указывают на наличие HWE только для «прочих» причин. Хотя величина SMR для внешних причин, как видим, меньше, верхний 95% CI оказывается здесь >1,0).

8. 'If the lower boundary of the 90% confidence interval for the threshold is 0 Sv, we cannot conclude that the threshold is statistically greater than 0 Sv. If the lower boundary is greater than 0 Sv, we conclude that the threshold exists' [51].

9. Мы не рассматриваем здесь некоторые специфические причины смертности у врачей, для которых имеются увеличенные SMR (суициды, отравления, инциденты [73, 74]). Поскольку в настоящем исследовании, как указывалось, главным является интегральный показатель благополучия — Life expectancy и, несколько менее, общая смертность от раков.

Список литературы (пп. 1–8, 10–12, 16, 21–26, 28–31, 33–56, 58–74 см. References)

- Максимов С.А., Скрипченко А.Е., Артамонова Г.В. Роль эффекта здорового рабочего в эпидемиологии артериальной гипертензии у шахтёров. *Экология человека*. 2015; 22(9): 15–20.
- Энциклопедия статистических терминов. В 8-ми тт. Т. 5. Демографическая и социальная статистика. Федеральная служба государственной статистики. М.; 2011.
- Эпидемиологический словарь под редакцией Дж. М. Ласта для Международной эпидемиологической ассоциации. Пер. с англ. под ред. В.В. Власова (отв. ред.) и др. М.: Открытый институт здоровья в рамках проекта «Глобус», 2009.
- Власов В.В. Эпидемиология: учебное пособие. 2-е изд. М.: ГЭ-ОТАР-Медиа; 2006.
- Самородская И.В., Семенов В.Ю. Смертность населения от злокачественных новообразований в Москве и Санкт-Петербурге в 2015 и 2018 годах. *Современная Онкология*. 2020; 22(3): 79–84. <https://doi.org/10.26442/18151434.2020.3.200192>
- Драпкина О.М., Самородская И.В., Болотова Е.В., Дудникова А.В. Анализ динамики смертности от болезней органов дыхания в Российской Федерации за 2019–2020 гг. *Тер. Арх.* 2022; 94(3): 401–8. <https://doi.org/10.26442/00403660.2022.03.201403>

19. Методические рекомендации по разработке региональных программ демографического развития. Министерство труда и социальной защиты Российской Федерации. М.; 2012.
 20. Общая эпидемиология с основами доказательной медицины: руководство к практическим занятиям: учеб. пособие. Под ред. В.И. Покровского, Н.И. Брико. 2-е изд., испр. и доп. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2012.
 27. Бухтияров И.В., Зибарев Е.В., Бетц К.В. Эпидемиологическое исследование по анализу смертности пилотов воздушных судов гражданской авиации в Российской Федерации. *Авиакосм. и экол. мед.* 2022; 56(4): 83–8. <https://doi.org/10.21687/0233-528X-2022-56-4-83-88>
 32. Котеров А.Н., Ушенкова Л.Н., Калинина М.В., Бирюков А.П. Краткий обзор мировых исследований лучевых и нелучевых эффектов у работников ядерной индустрии. *Медико-биологические проблемы жизнедеятельности (Гомель)*. 2020; 1: 17–31.
 57. Котеров А.Н., Ушенкова Л.Н., Бирюков А.П. Критерий Хилла «Биологическое правдоподобие». Интеграция данных из различных дисциплин в эпидемиологии и радиационной эпидемиологии. *Радиац. биология. Радиоэкология*. 2020; 60(5): 453–80. <https://doi.org/10.31857/S0869803120050069>
- ## References
1. Registrar-General. *Fourteenth Annual Report of the Registrar-General of Births, Deaths and Marriages in England, with abstracts for the year 1851*. London: Her Majesty's Stationery Office (H.M.S.O.); 1855.
 2. Ogle W. *Letter to the Registrar-General on the mortality in the registration districts of England and Wales during the ten years 1871–80. Supplement to the 45th Annual Report of the Registrar-General of Births, Deaths, and Marriages, in England*. London; 1885.
 3. Yule G.U. On some points related to vital statistics, more especially statistics of occupational mortality. *J. Roy. Statist. Soc.* 1934; 94(1): 1–84. <https://doi.org/10.2307/2342014>
 4. Case R.A., Lea A.J. Mustard gas poisoning, chronic bronchitis, and lung cancer; an investigation into the possibility that poisoning by mustard gas in the 1914–18 war might be a factor in the production of neoplasia. *Br. J. Prev. Soc. Med.* 1955; 9(2): 62–72. <https://doi.org/10.1136/jech.9.2.62>
 5. Liddell F.D.K. The measurement of occupational mortality. *Br. J. Ind. Med.* 1960; 17(3): 228–33. <https://doi.org/10.1136/oem.17.3.228>
 6. Monson R.R. *Occupational Epidemiology*. 2nd Edition. Florida: Boca Raton, CRC Press Inc.; 1990.
 7. Fox A.J., Collier P.F. Low mortality rates in industrial cohort studies due to selection for work and survival in the industry. *Br. J. Prev. Soc. Med.* 1976; 30(4): 225–30. <https://doi.org/10.1136/jech.30.4.225>
 8. Ames R.G., Trent B. Mobility of diesel versus non-diesel coal miners: some evidence on the healthy worker effect. *Br. J. Ind. Med.* 1984; 41(2): 197–202. <https://doi.org/10.1136/oem.41.2.197>
 9. Maksimov S.A., Skripchenko A.E., Artamonova G.V. Role of healthy worker effect in Epidemiology of arterial hypertension of miners. *Ekologiya cheloveka*. 2015; 22(9): 15–20 (in Russian).
 10. Skriver M.V., Vaeth M., Stovring H. Loss of life expectancy derived from a standardized mortality ratio in Denmark, Finland, Norway and Sweden. *Scand. J. Public Health*. 2018; 46(7): 767–73. <https://doi.org/10.1177/1403494817749050>
 11. Roessler M. Can we trust the standardized mortality ratio? A formal analysis and evaluation based on axiomatic requirements. *PLoS One*. 2021; 16(9): Article e0257003. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0257003>
 12. Gaffey W.R. A critique of the standardized mortality ratio. *J. Occup. Med.* 1976; 18(3): 157–60. <https://doi.org/10.1097/00043764-197603000-00007>
 13. *Encyclopedia of Statistical Terms*. In 8 volumes. V. S. Demographic and Social Statistics. Federal State Statistics Service. Moscow; 2011 (in Russian).
 14. *A Dictionary of Epidemiology*. Ed. by J.M. Last Oxford: Oxford University Press; 2001 (in Russian).
 15. Vlasov V.V. *Epidemiology*. 2nd Edition. Moscow: GEOTAR-Media; 2006 (in Russian).
 16. Koshurnikova N.A., Buldakov L.A., Bysogolov G.D., Bolotnikova M.G., Komleva N.S., Peternikova V.S. Mortality from malignancies of the hematopoietic and lymphatic tissues among personnel of the first nuclear plant in the USSR. *Sci. Total Environ.* 1994; 142(1–2): 19–23. [https://doi.org/10.1016/0048-9697\(94\)90068-x](https://doi.org/10.1016/0048-9697(94)90068-x)
 17. Samorodskaya I.V., Semenov V.Yu. Malignant neoplasms mortality rates in Moscow and Saint Petersburg in 2015 and 2018. *Sovremennaya Onkologiya*. 2020; 22(3): 79–84. <https://doi.org/10.26442/18151434.2020.3.200192> (in Russian).
 18. Drapkina O.M., Samorodskaya I.V., Bolotova E.V., Dudnikova A.V. Analysis of the dynamics of mortality from respiratory diseases in the Russian Federation for 2019–2020. *Terapevticheskii Arkhiv*. 2022; 94(3): 401–8. <https://doi.org/10.26442/00403660.2022.03.201403> (in Russian).
 19. *Guidelines for the development of regional demographic development programs*. Ministry of Labor and Social Protection of the Russian Federation. Moscow; 2012 (in Russian).
 20. *General epidemiology with the basics of evidence-based medicine: a guide to practical exercises: studies*. A textbook for high schools. Ed. by V.I. Pokrovsky, N.I. Briko. 2nd Edition., Corr. and add. M.: GEOTAR-Media; 2012 (in Russian).
 21. *A dictionary of epidemiology*. Ed. by M. Porta. 6th ed. New York: Oxford University Press; 2014.
 22. Guidotti T.L. *The Handbook of Occupational and Environmental Medicine: Principles, Practice, and Problem-Solving*. In 2 volumes. 2nd Edition. Praeger-ABC-CLIO, LLC; 2020.
 23. Berrington A., Darby S.C., Weiss H.A., Doll R. 100 years of observation on British radiologists: mortality from cancer and other causes 1897–1997. *Br. J. Radiol.* 2001; 74(882): 507–19. <https://doi.org/10.1259/bjr.74.882.740507>
 24. Monson R.R. Observations on the healthy worker effect. *J. Occup. Med.* 1986; 28(6): 425–33. <https://doi.org/10.1097/00043764-198606000-00009>
 25. 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): 458–64.
 26. Mastrangelo G., Marzia V., Marcer G. Reduced lung cancer mortality in dairy farmers: is endotoxin exposure the key factor? *Am. J. Ind. Med.* 1996; 30(5): 601–9. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0274\(199611\)30:5<601::AID-AJIM8>3.0.CO;2-V](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0274(199611)30:5<601::AID-AJIM8>3.0.CO;2-V)
 27. Bukhtiyarov I.V., Zibarev E.V., Betz K.V. An epidemiological study on the analysis of the mortality of civil aviation pilots in the Russian Federation. *Aviakosm. Ekolog. Med.* 2022; 56(4): 83–8. <https://doi.org/10.21687/0233-528X-2022-56-4-83-88> (in Russian).
 28. Carpenter L.M. Some observations on the healthy worker effect. *Br. J. Ind. Med.* 1987; 44(5): 289–91. <https://doi.org/10.1136/oem.44.5.289>
 29. Nakamura K., Ohmi A., Suzuki S., Konuma M., Kurihara T., Tadera M., Shibata S. Observations on mortality in selected working populations. *Sangyo Igaku*. 1984; 26(4): 303–14. <https://doi.org/10.1539/joh1959.26.303> (in Japanese).
 30. Wu X.Y., Jiang R.Y., Wen J.A., Chang X.Q. Mortality of a cohort of employees in a certain factory. *Zhonghua Lao Dong Wei Sheng Zhi Ye Bing Za Zhi*. 2010; 28(3): 200–2 (in Chinese).
 31. Kirkeleit J., Riise T., Borge T., Christiani D.C. The healthy worker effect in cancer incidence studies. *Am. J. Epidemiol.* 2013; 177(11): 1218–24. <https://doi.org/10.1093/aje/kws373>
 32. Koterov A.N., Ushenkova L.N., Kalinina M.V., Biryukov A.P. Brief review of world researches of radiation and non-radiation effects in nuclear industry workers. *Mediko-biologicheskiye*

- problemy zhiznedejatel'nosti (Medical and Biological Problems of Life Activity, Gomel)*. 2020; 1: 17–31 (in Russian).
33. Symons M.J., Taulbee J.D. Practical considerations for approximating relative risk by the standardized mortality ratio. *J. Occup. Med.* 1981; 23(6): 413–6. <https://doi.org/10.1097/00043764-198106000-00013>
 34. Tsai S.P., Hardy R.J., Wen C.P. The standardized mortality ratio and life expectancy. *Am. J. Epidemiol.* 1992; 135(7): 824–31. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aje.a116369>
 35. Lai D., Guo F., Hardy R.J. Standardized mortality ratio and life expectancy: a comparative study of Chinese mortality. *Int. J. Epidemiol.* 2000; 29(5): 852–5. <https://doi.org/10.1093/ije/29.5.852>
 36. DeVivo M.J., Savic G., Frankel H.L., Jamous M.A., Soni B.M., Charlifue S. et al. Comparison of statistical methods for calculating life expectancy after spinal cord injury. *Spinal Cord.* 2018; 56(7): 666–673. <https://doi.org/10.1038/s41393-018-0067-1>
 37. Ashmore J.P., Krewski D., Zielinski J.M., Jiang H., Semenciw R., Band P.R. First analysis of mortality and occupational radiation exposure based on the National Dose Registry of Canada. *Am. J. Epidemiol.* 1998; 148(6): 564–74. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aje.a009682>
 38. UNSCEAR 1972. *Report to the General Assembly, with Scientific Annex*. Vol. I. 'Level'. Annex C. Doses from occupational exposure. United Nations. New York. 1972: 173–86.
 39. Lutz W., Striessnig E., Dimitrova A., Ghislandi S., Lijadi A., Reiter C. et al. Years of good life is a well-being indicator designed to serve research on sustainability. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 2021; 118(12): Article e1907351118. <https://doi.org/10.1073/pnas.1907351118>
 40. Meijers J.M., Swaen G.M., Volovics A., Lucas L.J., van Vliet K. Occupational cohort studies: the influence of design characteristics on the healthy worker effect. *Int. J. Epidemiol.* 1989; 18(4): 970–5. <https://doi.org/10.1093/ije/18.4.970>
 41. Greenberg R.S., Mandel J.S., Pastides H., Britton N.L., Rudenko L., Starr T.B. A meta-analysis of cohort studies describing mortality and cancer incidence among chemical workers in the United States and western Europe. *Epidemiology*. 2001; 12(6): 727–40. <https://doi.org/10.1097/00001648-200111000-00023>
 42. Chen R., Seaton A. A meta-analysis of mortality among workers exposed to organic solvents. *Occup. Med.* 1996; 46: 337–44. <https://doi.org/10.1093/occmed/46.5.337>
 43. Kim H.J., Kim Y., Kim S., Chin H.J., Lee H., Lee J.P. et al. Age, sex, and the association of chronic kidney disease with all-cause mortality in Buddhist priests: An analysis of the standardized mortality ratio from the Korean Buddhist priests cohort. *Medicine (Baltimore)*. 2018; 97(45): Article e13099. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000013099>
 44. Yang H.-Y., Wang J.-D., Lo T.-C., Chen P.-C. Increased mortality risk for cancers of the kidney and other urinary organs among Chinese herbalists. *J. Epidemiol.* 2009; 19(1): 17–23. <https://doi.org/10.2188/jea.JE20080035>
 45. Lee H.E., Kim E.A., Park J., Kang S.K. Cancer mortality and incidence in Korean semiconductor workers. *Saf. Health Work.* 2011; 2(2): 135–47. <https://doi.org/10.5491/SHAW.2011.2.2.135>
 46. Kang H.K., Bullman T.A. Mortality among US veterans of the Persian Gulf War. *N Engl. J. of Med.* 1996; 335(20): 1498–504. <https://doi.org/10.1056/NEJM199611143352006>
 47. Groves F.D., Page W.F., Gridley G., Lisimaque L., Stewart P.A., Tarone R.E. et al. Cancer in Korean war navy technicians: mortality survey after 40 years. *Am. J. Epidemiol.* 2002; 155(9): 810–8. <https://doi.org/10.1093/aje/155.9.810>
 48. Axelson O. Negative and non-positive epidemiological studies. *Int. J. Occup. Med. Environ. Health*. 2004; 17(1): 115–21.
 49. Gerosa A., Ietri E., Belli S., Grignoli M., Comba P. High risk of pleural mesothelioma among the state railroad carriage repair workers. *Epidemiol Prev.* 2000; 24(3): 117–9 (in Italian).
 50. Miller B.G., MacCalman L. Cause-specific mortality in British coal workers and exposure to respirable dust and quartz. *Occup. Environ. Med.* 2010; 67(4): 270–6. <https://doi.org/10.1136/oem.2009.046151>
 51. Nakashima E., Neriishi K., Minamoto A. A reanalysis of atomic-bomb cataract data, 2000–2002: a threshold analysis. *Health Phys.* 2006; 90(2): 154–60. <https://doi.org/10.1097/01.hp.0000175442.03596.63>
 52. Neriishi K., Nakashima E., Minamoto A., Fujiwara S., Akahoshi M., Mishima H.K. et al. Postoperative cataract cases among atomic bomb survivors: radiation dose response and threshold. *Radiat Res.* 2007; 168(4): 404–8. <https://doi.org/10.1667/RR0928.1>
 53. Bernardinelli L., de Marco R., Tinelli C. Cancer mortality in an Italian rubber factory. *Br J Ind Med.* 1987; 44(3): 187–91. <https://doi.org/10.1136/oem.44.3.187>
 54. Pastides H., Austin R., Lemeshow S., Klar J., Mundt K.A. A retrospective-cohort study of occupational exposure to hexavalent chromium. *Am. J. Ind. Med.* 1994; 25(5): 663–75. <https://doi.org/10.1002/ajim.4700250506>
 55. Breslow N.E., Day N.E. *Statistical methods in cancer research. Vol II. The design and analysis of cohort studies*. Lyon: World Health Organization; 1987: 17–20.
 56. Li C.Y., Sung F.C. A review of the healthy worker effect in occupational epidemiology. *Occup Med (Lond)*. 1999; 49(4): 225–9. <https://doi.org/10.1093/occmed/49.4.225>
 57. Koterov A.N., Ushenkova L.N., Biryukov A.P. Hill's criteria 'Biological plausibility'. The data integration from different disciplines in Epidemiology and Radiation Epidemiology. *Radiatsionnaya Biologiya. Radioekologiya*. 2020; 60(5): 453–80. <https://doi.org/10.31857/S0869803120050069> (in Russian).
 58. Atkinson W.D., Law D.V., Bromley K.J., Inskip H.M. Mortality of employees of the United Kingdom Atomic Energy Authority, 1946–97. *Occup. Environ. Med.* 2004; 61(7): 577–85. <https://doi.org/10.1136/oem.2003.012443>
 59. Bouet S., Davesne E., Samson E., Jovanovic I., Blanchardon E., Challeton-de Vathaire C. et al. Analysis of the association between ionizing radiation and mortality in uranium workers from five plants involved in the nuclear fuel production cycle in France. *Int. Arch. Occup. Environ. Health*. 2019; 92(2): 249–62. <https://doi.org/10.1007/s00420-018-1375-7>
 60. Boice J.D. Jr, Cohen S.S., Mumma M.T., Ellis E.D., Cragle D.L., Eckerman K.F. et al. Mortality among Mound workers exposed to polonium-210 and other sources of radiation, 1944–1979. *Radiat. Res.* 2014; 181(2): 208–28. <https://doi.org/10.1667/RR13395.1>
 61. Rodriguez Artalejo F., Castano Lara S., de Andres Manzano B., García Ferruelo M., Iglesias Martín L., Calero J.R. Occupational exposure to ionising radiation and mortality among workers of the former Spanish Nuclear Energy Board. *Occup. Environ. Med.* 1997; 54(3): 202–8. <https://doi.org/10.1136/oem.54.3.202>
 62. Veiga L.H.S. Amaral E.C.S., Colin D., Koifman S. A retrospective mortality study of workers exposed to radon in a Brazilian underground coal mine. *Radiat. Environ. Biophys.* 2006; 45: 125–34. <https://doi.org/10.1007/s00411-006-0046-3>
 63. Tomaskova H., Splichalova A., Slachtova H., Urban P., Hajdukova Z., Landecká I. et al. Mortality in miners with coal-workers' pneumoconiosis in the Czech Republic in the Period 1992–2013. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2017; 14: Article 269. <https://doi.org/10.3390/ijerph14030269>
 64. McGeoghegan D. Healthy worker effect (Letter to Editor). *J. Radiol. Prot.* 2001; 21(2): 179. <https://doi.org/10.1088/0952-4746/21/2/101>
 65. Reynolds R.J., Day S.M., Nurgalieva Z.Z. Mortality among Soviet and Russian cosmonauts: 1960–2013. *Aviat. Space Environ. Med.* 2014; 85(7): 750–4. <https://doi.org/10.3357/asem.3957.2014>
 66. Ushakov I.B., Voronkov Y.I., Bukhtiyarov I.V., Tikhonova G.I., Gorchakova T.Yu., Bryleva M.S. A cohort mortality study among Soviet and Russian cosmonauts, 1961–2014. *Aerosp.*

- Med. Hum. Perform.* 2017; 88(12): 1060–5. <https://doi.org/10.3357/AMHP.4701.2017>
67. Frank E., Biola H., Burnett C.A. Mortality rates and causes among U.S. physicians. *Am. J. Prev. Med.* 2000; 19(3): 155–9. [https://doi.org/10.1016/s0749-3797\(00\)00201-4](https://doi.org/10.1016/s0749-3797(00)00201-4)
 68. McCue J.D. The effects of stress on physicians and their medical practice. *N. Engl. J. Med.* 1982; 306(8): 458–63. <https://doi.org/10.1056/NEJM198202253060805>
 69. Rimpela A., Nurminen M.M., Pulkkinen P.O., Rimpela M.K., Valkonen T. Mortality of doctors: do doctors benefit from their medical knowledge? *Lancet.* 1987; 1(8524): 84–6. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(87\)91919-2](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(87)91919-2)
 70. Brayne A.B., Brayne R.P., Fowler A.J. Medical specialties and life expectancy: an analysis of doctors' obituaries 1997–2019. *Lifestyle Medicine.* 2021; 2(1): Article e23. <https://doi.org/10.1002/lim2.23>
 71. Nurminen M., Rimpela E.A., Pukkala E. Exceptionally low cancer incidence in doctors. *Lancet.* 1988; 1(8578): 190–1. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(88\)92773-0](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(88)92773-0)
 72. Mellemgaard A., From G., Jorgensen T. et al. Cancer risk in individuals with benign thyroid disorders. *Thyroid.* 1998; 8(9): 751–54. <https://doi.org/10.1089/thy.1998.8.751>
 73. Carpenter L.M., Swerdlow A.J., Fear N.T. Mortality of doctors in different specialties: findings from a cohort of 20000 NHS hospital consultants. *Occup. Environ. Med.* 1997; 54(6): 388–95. <https://doi.org/10.1136/oem.54.6.388>
 74. Harrington J.M., Oakes D. Mortality study of British pathologists. *Br. J. Ind. Med.* 1984; 41(2): 188–91. <https://doi.org/10.1136/oem.41.2.188>