

Медико-биологические проблемы жизнедеятельности

Научно-практический рецензируемый журнал

№ 1(23)

2020 г.

Учредитель

Государственное учреждение
«Республиканский научно-
практический центр
радиационной медицины
и экологии человека»

Журнал включен в Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования диссертационных исследований по медицинской и биологической отраслям науки (31.12.2009, протокол 25/1)

Журнал зарегистрирован
Министерством информации
Республики Беларусь,
Свид. № 762 от 6.11.2009

Подписано в печать 27.04.20
Формат 60×90/8. Бумага мелованная.
Гарнитура «Times New Roman».
Печать цифровая. Тираж 200 экз.
Усл. печ. л. 23. Уч.-изд. л. 13,57.
Зак. 29.

Издатель ГУ «Республиканский
научно-практический центр
радиационной медицины и
экологии человека»
Свидетельство N 1/410 от 14.08.2014

Отпечатано в КУП
«Редакция газеты
«Гомельская праўда»
г. Гомель, ул. Полесская, 17а

ISSN 2074-2088

Главный редактор, председатель редакционной коллегии

А.В. Рожко (д.м.н., доцент)

Редакционная коллегия

В.С. Аверин (д.б.н., профессор, зам. гл. редактора), В.В. Аничкин (д.м.н., профессор), В.Н. Беляковский (д.м.н., профессор), Н.Г. Власова (д.б.н., доцент, научный редактор), А.В. Величко (к.м.н., доцент), И.В. Веялкин (к.б.н., доцент), А.В. Воропаева (к.м.н., доцент), Д.И. Гавриленко (к.м.н.), В.В. Евсеенко (к.п.с.н.), С.В. Зыблева (к.м.н., отв. секретарь), А.В. Жарикова (к.м.н.), С.А. Игумнов (д.м.н., профессор), И.Н. Коляда (к.м.н.), А.В. Коротаев (к.м.н., доцент), А.Н. Лызилов (д.м.н., профессор), А.В. Макарич (к.м.н., доцент), С.Б. Мельнов (д.б.н., профессор), Я.Л. Навменова (к.м.н., доцент), Э.А. Надыров (к.м.н., доцент), И.А. Новикова (д.м.н., профессор), Э.Н. Платошкин (к.м.н., доцент), Э.А. Повелица (к.м.н.), А.С. Подгорная (к.м.н.), Ю.И. Рожко (к.м.н., доцент), И.П. Ромашевская (к.м.н.), М.Г. Русаленко (к.м.н., доцент), А.П. Саливончик (к.б.н.), А.Е. Силин (к.б.н., доцент), А.Н. Стожаров (д.б.н., профессор), А.Н. Цуканов (к.м.н.), Н.И. Шевченко (к.б.н., доцент), Ю.И. Ярец (к.м.н., доцент),

Редакционный совет

Е.Л. Богдан (МЗ РБ, Минск), А.В. Аклеев (д.м.н., профессор, Челябинск), О.В. Алейникова (д.м.н., чл.-кор. НАН РБ, Минск), С.С. Алексанин (д.м.н., профессор, Санкт-Петербург), Д.А. Базыка (д.м.н., профессор, Киев), А.П. Бирюков (д.м.н., профессор, Москва), Л.А. Бокерия (д.м.н., академик РАН и РАМН, Москва), А.Ю. Бушманов (д.м.н., профессор, Москва), И.И. Дедов (д.м.н., академик РАМН, Москва), В.И. Жарко (Минск), М.П. Захарченко (д.м.н., профессор, Санкт-Петербург), Л.А. Ильин (д.м.н., академик РАМН, Москва), К.В. Котенко (д.м.н., профессор, Москва), В.Ю. Кравцов (д.б.н., профессор, Санкт-Петербург), Н.Г. Кручинский (д.м.н., Пинск), Т.В. Мохорт (д.м.н., профессор, Минск), Д.Л. Пиневиц (МЗ РБ, Минск), В.Ю. Рыбников (д.м.н., профессор, Санкт-Петербург), Н.Д. Тронько (д.м.н., профессор, Киев), А.Л. Усс (д.м.н., профессор, Минск), В.А. Филонюк (к.м.н., доцент, Минск), Р.А. Часнойть (к.э.н., Минск), В.Е. Шевчук (к.м.н., Минск), В.Д. Шило (Минск)

Технический редактор

С.Н. Никонович

Адрес редакции 246040 г. Гомель, ул. Ильича, д. 290,

ГУ «РНПЦ РМ и ЭЧ», редакция журнала

тел (0232) 38-95-00, факс (0232) 37-80-97

http://www.mbp.rcrm.by e-mail: mbp@rcrm.by

© Государственное учреждение

«Республиканский научно-практический центр радиационной медицины и экологии человека», 2020

№ 1(23)

2020

Medical and Biological Problems of Life Activity

Scientific and Practical Journal

Founder

Republican Research Centre
for Radiation Medicine
and Human Ecology

Journal registration
by the Ministry of information
of Republic of Belarus

Certificate № 762 of 6.11.2009

© Republican Research Centre
for Radiation Medicine
and Human Ecology

ISSN 2074-2088

Обзоры и проблемные статьи

- Ю.В. Бондарева, А.В. Величко, Т.А. Величко
Анатомо-гистологические особенности строения паращитовидных желез (обзор литературы) 6
- А.Н. Котеров, Л.Н. Ушенкова, М.В. Калинина, А.П. Бирюков
Краткий обзор мировых исследований лучевых и нелучевых эффектов у работников ядерной индустрии 17
- М.И. Краснобаева, И.С. Соболевская, О.Д. Мяделец
Циркадные ритмы – как один из факторов регуляции биологии волосяных фолликулов (обзор литературы) 32
- О.В. Петкевич, З.А. Дундаров
Феномен транслокации кишечной микробиоты у умерших органных доноров (обзор литературы) 41
- С.А. Цуканова, А.В. Жарикова, А.Н. Цуканов, О.В. Кобылко, В.И. Ходулев
Патофизиологические механизмы дискогенных поясничных радикулопатий (Обзор литературы) 48

Медико-биологические проблемы

- И.В. Веялкин, Ю.В. Чайкова, С.Н. Никонич, Е.А. Дрозд, О.Ф. Сороко, О.Н. Захарова, С.В. Панкова, О.П. Овчинникова, И.П. Боровская
Оценка рисков для здоровья у работников Полесского государственного радиационно-экологического заповедника 59
- А.С. Владыко, Е.П. Счесленок, Е.Г. Фомина, Е.Е. Григорьева, Т.В. Школина, Н.А. Дубков, П.А. Семижон
Особо опасные парамиксовирусы Нипа и Хендра 66
- Н.А. Козелько, Е.В. Толстая
Взаимосвязь психологического состояния у подростков и предпочитаемых компьютерных игр 79

Reviews and problem articles

- Y.V. Bondareva, A.V. Velichko, T.A. Velichko
Anatomical and histological features of the structure of parathyroid glands (literature review) 6
- A.N. Koterov, L.N. Ushenkova, M.V. Kalinina, A.P. Biryukov
Brief review of world researches of radiation and non-radiation effects in nuclear industry workers 17
- M.I. Krasnobaeva, I.S. Sobolevskaya, O.D. Myadelets
Circadian rhythms - as one of the factors in the regulation of the biology of hair follicles 32
- O.V. Petkevich, Z.A. Dundarov
The phenomenon of intestinal microbiota translocation of deceased organ donors (review of literature) 41
- S.A. Tsukanova, A.V. Zharikova, A.N. Tsukanov, O.V. Kobylko, V.I. Hodulev
Pathophysiological mechanisms of lumbar disc radiculopathies [literature review] 48

Medical-biological problems

- I.V. Veyalkin, Yu.V. Chaykova, S.N. Nikonovich, E.A. Drozd, O.F. Soroko, O.N. Zakharova, S.V. Pankova, O.P. Ovchinnikova, I.P. Borovskaya
Health risk assessment for employees of the Polesky State Radiation-Ecological Reserve 59
- A.S. Vladyko, E.P. Scheslenok, E.G. Fomina, E.E. Grigorieva, T.V. Schkolina, N.A. Dubkov, P.A. Semizhon
Especially dangerous paramixoviruses Nipah and Hendra 66
- N.A. Kozelko, E.V. Tolstaya
The relationship of the psychological state in adolescents and preferred computer games 79

В.С. Костюнина, Е.В. Васина, Н.В. Гончарова, Н.В. Петёвка Закономерности развития гранулоцитарно-моноцитарного и мегакариоцитарного ростков миелопоэза CD34+ клеток пуповинной и периферической крови	86	V.S. Kostyunina, E.V. Vasina, N.V. Goncharova, N.V. Petyovka Developmental patterns of granulocyte-monocyte and megakaryocyte lineages from cord and peripheral blood CD34+ cells	
Т.А. Прокопенко, Н.И. Нечипуренко, А.Н. Батян, И.Д. Пашковская, А.П. Зажогин Морфологическая структура биожидкостей и про-, антиоксидантное состояние у пациентов с хронической ишемией мозга при использовании лазерной гемотерапии	94	T.A. Prokopenko, N.I. Nechipurenko, A.N. Batyan, I.D. Pashkovskaya, A.P. Zajogin Morphological structure of bioliquid and pro-, antioxidant state in patients with chronic cerebral ischemia under of laser hemotherapy	
Л.Н. Эвентова, А.Н. Матарас, Г.Н. Евтушкова, Н.Г. Власова Усовершенствование метода оценки доз облучения населения в ситуации существующего облучения после аварии на Чернобыльской АЭС	102	L.N. Eventova, A.N. Mataras, G.N. Evtushkova, N.G. Vlasova Improvement of the method for assessment of doses of exposed population in the current radiation situation after Chernobyl accident	
<i>Клиническая медицина</i>		<i>Clinical medicine</i>	
М.В. Белевцев, Е.А. Ласюков, М.Г. Шитикова, А.Н. Купчинская, Ю.Е. Марейко, Л.В. Мовчан, Т.В. Шман Особенности восстановления субпопуляций лимфоцитов у пациентов с первичными иммунодефицитами после аллогенной трансплантации гемопоэтической стволовой клетки	109	M.V. Belevtsev, J.A. Lasjukov, M.G. Shitikova, A.N. Kupchinskaja, J.E. Mareiko, L.V. Movchan, T.V. Shman Features of recovery of lymphocyte subpopulations in patients with primary immunodeficiency after allogeneic hematopoietic stem cell transplantation	
С.В. Зыблева Периферические дендритные клетки в диагностике ранней дисфункции почечного трансплантата	118	S.V. Zybleva Peripheral dendritic cells in the diagnosis of early allograft dysfunction	
Э.В. Могилевец, Л.Ф. Васильчук Лечение многократно рецидивирующего кровотечения из варикозно расширенных вен пищевода и желудка	123	E.V. Mahiliavets, L.F. Vasilchuk Consecutive approach in treatment of resistant bleeding from esophageal varices	
И.В. Орадовская, Т.Т. Радзивил Иммунный статус персонала Сибирского химического комбината при наличии хронических заболеваний	135	I.V. Oradovskaya, T.T. Radzivil Immune status of personnel of Siberian chemical plant in the presence of chronic diseases	

Н.Н. Усова, А.Н. Цуканов, Т.В. Дробова,
А.П. Савостин, В.В. Мельник

Бессимптомный синдром запястного
канала у женщин молодого возраста 148

Т.М. Шаршакова, В.А. Рожко, И.В. Веялкин
Комплексная организационно-меди-
цинская оценка формирования первич-
ной заболеваемости аутоиммунным
тиреоидитом в Республике Беларусь 154

Обмен опытом

В.Я. Латышева, А.Е. Филюстин,
Н.В. Юрашкевич, В.В. Рожин, Г.В. Коваль-
чук, А.А. Лапеко

Семиотика, диагностика и лечение
гнойного эпидурита. Клинические на-
блюдения 161

М.Г. Русаленко, В.В. Сукристый, И.Г. Сава-
стеева, С.В. Панкова

Распространенность хронических забо-
леваний по результатам диспансериза-
ции сотрудников ГУ «РНПЦ радиаци-
онной медицины и экологии человека» 169

Е.С. Пашинская

Способ культивации *Toxoplasma gondii*
на мышинной модели *in vivo* 176

Юбилей

Захарченко Михаил Петрович
(к 70-летию со дня рождения) 180

N.N. Usova, A.N. Tsukanov, T.V. Drobova,
A.P. Savostin, V.V. Melnik

Asymptomatic carpal tunnel syndrome in
young women

T.M. Sharshakova, V.A. Rozhko, I.V. Veyalkin
Integrated organizational and medical
estimation of primary incidence rates of
autoimmune thyroiditis in the Republic
of Belarus

Experience exchange

V.Ya. Latysheva, A.E. Filustin, N.V. Yurashk-
evich, V.V. Rozhin, G.V. Kovalchuk, A.A. La-
peko

Semiotics, diagnostics and treatment of
purulent epiduritis. Clinical cases

M.G. Rusalenko, V.V. Sukristy, I.G. Savastee-
va, S.V. Pankova

The prevalence of chronic diseases based on
the results of dispensary examination of em-
ployees of the Republican research center
for radiation medicine and human ecology

E.S. Pashinskaya

The method of cultivation of *Toxoplasma*
gondii in a mouse model *in vivo*

Jubilee

Zaharchenko Mihail Petrovich
(On the 70th anniversary)

КРАТКИЙ ОБЗОР МИРОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЛУЧЕВЫХ И НЕЛУЧЕВЫХ ЭФФЕКТОВ У РАБОТНИКОВ ЯДЕРНОЙ ИНДУСТРИИ

ФГБУ ГНЦ РФ – Федеральный медицинский биофизический центр
им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва, Россия

На основе сформированной базы источников (публикации и документы), посвященных исследованиям медико-биологических эффектов у работников ядерной индустрии (порядка 40 стран; более 800 работ), выполнен краткий обзор частоты смертности указанного контингента от различных патологий. Выявлен факт меньшей смертности работников сравнительно с аналогичной поло-возрастной группой генеральной популяции. Некоторый парадокс заключался в том, что в начале становления ядерной индустрии этот эффект «здорового работника» проявлялся отчетливее, чем в последние десятилетия (продемонстрировано на примере объединенной когорты Великобритании 1946-1997 гг. и, отчасти, занятых на ПО «Маяк»).

Анализ показателя для работников ядерной индустрии западных стран, включая объединенную когорту из 15 стран (Cardis E. et al., 2007-2008), продемонстрировал, что в настоящее время нет полностью обоснованного вывода о существенном увеличении смертности от солидных раков суммарно. Некоторое увеличение риска для рака легкого оказалось связанным преимущественно с когортой из Канады, характеризующейся неполнотой дозиметрии. В то же время риск лейкозов, судя по всему, может быть значимо повышен, на что указывают также данные по ПО «Маяк» для прошлых десятилетий. Но прирост абсолютного риска смертности от лейкозов после облучения на границе малых доз (0,1 Гр) был невелик – не более 0,4-0,9 смерти на 100 000 работников в год.

Для нераковых патологий сравнительно с генеральной популяцией в целом наблюдалась меньшая смертность. Некоторое исключение составили циркуляторные заболевания, хотя повышение риска в этих случаях было, как правило, невелико (на 10-20%). Встречались единичные случаи более высоких рисков, но – для облучения в средних или высоких дозах. Следует учитывать, однако, что исследуемый контингент имел контакты и с нерадиационными повреждающими факторами, которые могли учащать столь мультифакториальные по причинности патологии, как циркуляторные. В ряде работ была обнаружена также статистически значимая связь между употреблением алкоголя, курением и накопленной дозой радиации (влияние стиля жизни).

Таким образом, проведенное краткое исследование продемонстрировало в целом лучшее состояние здоровья работников ядерной индустрии различных стран мира сравнительно с генеральной популяцией, а также достаточно слабый эффект лучевого фактора, по крайней мере в последние десятилетия.

Ключевые слова: работники ядерной индустрии, базы данных, «эффект здорового работника», злокачественные новообразования, нераковые патологии

Введение

В системе Федерального медико-биологического агентства России (ФМБА России), включающей подведомственные предприятия ядерной, энергетической и химической индустрии [1], осуществля-

ется постоянный мониторинг и исследование состояние здоровья работников, деятельность которых связана с воздействием радиационного фактора различной природы (редко- и плотноионизирующее излучение) и при различных типах экс-

позиций (острые при медицинских воздействиях или аварийных ситуациях, хронические, внешние, внутренние, сочетанные, комплексные и пр.) [2-8] (и мн. др.). Проводится оценка состояния здоровья и семей, занятых на производстве, в том числе – после облучения *in utero* потомства работниц соответствующих предприятий [9-11].

Аналогичная ситуация существует и для занятых в ядерной индустрии других стран мира [12-26] (и др.). Важность изучения профессиональных лучевых воздействий следует также из документов НКДАР ООН. Начиная только с раздела в сообщении от 1962 г. (Annex G) [12], уже к 1972 г. данная тема получила самостоятельный документ (Annex C) [13] и затем повторялась в 1977, 1982, 1993 и 2000 гг. (Annex E, H, D и E соответственно) [14-17]. В настоящее время разрабатывается очередное такое сообщение [18].

Есть значительный раздел по профессиональному облучению в ядерной индустрии и в BEIR-VII [19], и в документах NCRP США [20], Международного агентства по исследованию рака (МАИР; IARC-2000; IARC-2012) [21, 22], МАГАТЭ [23, 24] и других организаций [25, 26].

Что же касается публикаций об эпидемиологических исследованиях смертности/заболеваемости работников ядерной индустрии, то таковых за 40 с лишним лет из порядка 40 стран накопились многие сотни. Это показало наше предварительное исследование – сформированная нами база мировых публикаций насчитывает более 800 источников и постоянно пополняется. Самые ранние работы по эффектам у указанного контингента, судя по всему, – это статья 1977 г. по Hanford site (США) [27] и 1982 г. по Sellafield (Великобритания) [28]. То есть открытые публикации появились относительно недавно, учитывая, что соответствующие профессиональные группы в СССР [29], США [30] и Великобритании [31] были сформированы уже в 1940-х гг. Вероятно, до

1977 г. [27] данные могли засекречиваться (в PubMed первая публикация по эпидемиологии на сочетание терминов «workers nuclear facility» датируется 1979 г.).

Работники ядерной индустрии нынешнего периода представляют собой уникальный контингент для эпидемиологического исследования эффектов малых доз радиации. Согласно одному из ведущих радиационных эпидемиологов США, J.D. Voise Jr [32], такие группы в наибольшей степени приближены к населению, поскольку хронические или фракционированные воздействия – это именно то, что население испытывает в той или иной степени как в повседневной жизни, так и, порой, на рабочем месте, либо при медицинской диагностике [33]. Более того, уровень облучения населения увеличивается, в частности из-за медицинских рентгенологических процедур [34], из-за аварий типа произошедших в Чернобыле и на АЭС «Фукусима-1», из-за возрастания частоты авиAPERелетов и пр. Информированность об эффектах хронического облучения необходима также для более точной оценки возможных последствий ядерного терроризма, так называемых «грязных бомб» или самодельных ядерных устройств [32].

Анализ ряда российских публикаций по работникам ядерных производств показал, что они, порой, начинаются как бы «с чистого листа», практически без учета уже полученных ранее результатов. Наиболее часто ссылаются (и это по всему миру) на объединенное исследование работников ядерной индустрии 15-ти стран (Cardis E. et al., 2005-2008) [35-38]. Выводы из этого цикла публикаций об увеличении частоты раков после облучения в дозах порядка 20 мЗв не могут считаться окончательными вследствие гетерогенности изученной когорты и ряда иных причин (см. работу [39], являющуюся дополнением к BEIR-VII [19], с соответствующей критикой).

Названная база мировых источников по эффектам у работников ядерной ин-

дустрии, которая сформирована и поддерживается нами, по всей видимости, не имеет аналогов. Так, соответствующий патентный поиск показал, что полной сводки мировых данных (источников, публикаций) нет нигде в мире, включая профильные по проблеме документы НКДАР ООН, то есть названные выше 7 сообщений за 1972-2019 гг. [12-18]. Обнаруженные при дополнительном поиске источников в системах Google и PubMed мировые базы данных (базы США: Department of Energy (DOE), Ядерного центра в Окридже, NCRP; а также базы МАГАТЭ, база работников АЭС «Фукусима-1» и база работников Южной Кореи), равно как и национальные регистры ядерной индустрии, достаточно локальны и строго ограничены национальными рамками. Какими бы большими ни были базы источников и документов, например, у DOE и NCRP США, в них входят данные только для США.

Разрабатываемая нами база данных, напротив, интернациональна, и она содержит все возможные источники. Целью настоящего исследования является краткий обзор медико-биологических эффектов («health effects») у работников ядерной индустрии различных стран мира, выполненный на основе указанной базы данных.

Эффект здорового работника. Парадокс уменьшения его сравнительно с ранними периодами

Одна из главных проблем исследований состояния здоровья работников ядерной индустрии (равно как и занятых на других вредных производствах), когда в качестве группы сравнения берется генеральная популяция, заключается в наличие конфаундера (confounder – вмешивающийся фактор) «эффект здорового работника». Он объясняется приемом на работу во вредные производства относительно более здоровых индивидуумов (селекция), в том числе в сфере атомной индустрии. Для работников английских

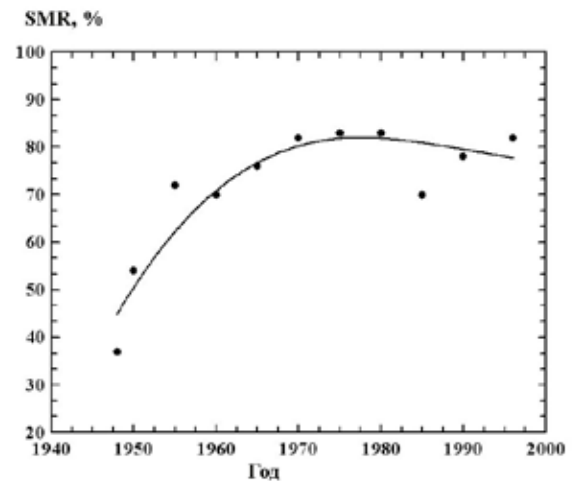


График построен нами (Statistica, ver. 10) после оцифровки (GetData Graph Digitizer, ver. 2.26.0.20) оригинальной зависимости, представленной в Atkinson W.D. et al., 2004 [31]. В отличие от кривой в [31], построенной авторами по ежегодным данным (средние \pm 95% доверительные интервалы; ДИ), в нашем случае отображены средние показатели только через пятилетия. Зависимость на графике в равной степени значимо описывается (IBM SPSS, ver. 20) линейной, квадратичной и логарифмической функциями ($p = 0,015$), несколько хуже – экспоненциальной функцией ($p = 0,021$). Хотя вряд ли перечисленные математические функции отражают какие-либо медико-биологические или общественно-социальные хроно-закономерности.

Рисунок – SMR (%) относительно генеральной популяции для объединенной когорты работников ядерной индустрии Великобритании (United Kingdom Atomic Energy Authority – UKAEA) за период 1946-1997 гг.

производств ядерного цикла в двух публикациях [31, 40] представлены наглядные графики для стандартизированного по полу и возрасту индекса смертности (Standardized Mortality Ratio – SMR, в %) в зависимости от временного периода. Суть одной из зависимостей [31] отображена на рисунке.

Из данных, представленных на рисунке, следует, что за все периоды, даже за самые ранние, когда и нормы радиационной безопасности (НРБ) были значительно менее строгими (таблица 1), и разработка атомного оружия в экстремальные сроки заставляла на многое закрывать глаза [44,

45]¹, ядерные работники Великобритании жили дольше, чем такие же индивидуумы в генеральной популяции. Разумеется, нельзя сбрасывать со счетов лучшее медицинское обслуживание и питание (вероятно, это особенно сказалось в ранний послевоенный период – см. рисунок).

При сравнении смертности ядерных работников Великобритании с населением в разные временные периоды наблюдается некоторый парадокс. Казалось бы, с уменьшением доз облучения в течение десятилетий (таблица 1) показатель SMR также должен был бы снижаться, но все оказывается не так. Из рисунка видно, что для объединенной когорты работников Великобритании в 1940-х – до середины 1950-х гг. SMR составлял 0,4-0,6 (то есть смертность была на 40-60% ниже, чем у соответствующей группы населения), но потом возрос до 0,7-0,8 и более [31]. На то, что это не особенность только Великобритании, указывает сходная тенденция и для мужчин – работников ПО «Маяк» (начиная с середины 1970-х гг. до 2010 г., хотя закономерность в 1990 г. и несколько искажается) [46].

То есть, несмотря на улучшение условий труда, технический прогресс и ужесточение НРБ, с формальной позиции работать в системе ядерной индустрии сравнительно с обычной занятостью становится все менее выгодно в плане продолжительности жизни (главного интегрального показателя благополучия), поскольку относительная смертность от всех причин все выше от де-

сятилетия к десятилетию (либо достигается плато). Феномен выявляется сравнительно с такими же людьми данного временного периода, но – не работающими в ядерной индустрии. Конечно, это связано с рядом возможных вмешивающихся факторов (confound) и смещений (bias), например, с улучшением здравоохранения и повышением уровня жизни для населения (что снижает «эффект здорового работника») и пр. Тем не менее, указанная закономерность реальна, и для обыденного, а также обыденно-научного сознания, она может представляться имеющей некий каузальный смысл. Поскольку конкретные люди живут в конкретном временном периоде.

Злокачественные новообразования

Оценка эффектов у работников ядерной индустрии является темой радиационно-эпидемиологических исследований. Между тем, в отличие от радиационной медицины [47], нам не известны исчерпывающие источники (пособия, крупные монографии), посвященные именно радиационной эпидемиологии. Двумя исключениями являются:

Относительно краткий обзор on-line Wing S., 1994 [48] (авторитетный автор из США в области профессиональных воздействий);

Глава по радиационной эпидемиологии Zeeb H. et al., 2018 в объемном (на 2,5 тыс. страниц) западном пособии по эпидемиологии [49].

¹ «Главные пороки Селлафилда были присущи ему с самого начала существования. Их породило сочетание крайней спешки и маниакальной секретности, окружавшей строительство этого комплекса в 1946 году. Тогдашний премьер-министр Великобритании Климент Эттли распорядился, чтобы промышленники, принимавшие участие в создании и оснащении нового завода, называвшегося в то время Уиндскейл, отдавали ему абсолютный приоритет. Но подписанное премьер-министром распоряжение тут же получило гриф «Совершенно секретно», и никому больше не было позволено ознакомиться с ним. Поэтому в гонке за создание атомной бомбы Уиндскейл участвовал «на общих основаниях», ведя конкурентную борьбу за получение средств наравне с другими. Тем не менее строительство завершилось за впечатляюще короткий срок. С тех пор сменявшие друг друга правительства постоянно увеличивали требования и расширяли круг стоящих перед комплексом задач. Только вот фонды, необходимые для их выполнения, выделялись скупо, и предприятие постоянно жило на голодном пайке» [44] (1986).

Таблица 1 – Эволюция мировых НРБ согласно DOE-1995 [41]*

Год	Этап	мЗв/год**
1915	Швеция и Германия; затем США и Великобритания: стандарты защиты, отражающие «безопасные методы» работы с радиом и рентгеновскими аппаратами: радиологам рекомендуется держаться настолько далеко от оборудования, насколько это возможно; взятие емкостей с радиом щипцами; работа не более 35 ч в неделю. Дозовые пределы не установлены из-за отсутствия дозиметрической техники	—
1925	Швеция и Германия: расчеты «толерантной дозы» – количества излучения, поглощение которого, как считалось, не вредит человеку. Оценивалось на основании воздействия на кожу; значения сильно варьировали	1560
1928	Первый международно признанный стандарт защиты от рентгеновского излучения: 0,01 часть от количества излучения, вызывающего ожог кожи при воздействии в течение месяца (принят на международном конгрессе)	—
1931	Толерантная доза	720
1934	Первые международные стандарты радиационной безопасности на основе измерения повреждения тканей человека опубликованы Международной комиссией по защите от рентгеновского излучения и радия в Цюрихе	300
1942	Манхэттенский проект открыт. Приняты стандарты 1934 г. Концепция «толерантной дозы» заменена на «максимально допустимое воздействие»	
1950	Отмена концепции «максимально допустимое воздействие» на признание, что любая доза радиации – опасна. Рекомендации к снижению дозы настолько, насколько «разумно достижимо». Опасения относительно канцерогенеза, сокращения жизни и наследственных генетических изменений	150
1954	Национальное бюро стандартов США	120
1958	Исследование АН США генетических эффектов облучения	50-120 население и персонал
1968	Правительство США	50
1971	НКРЗ США	50
1990	BEIR-V	50
1990	МКРЗ	10-20
1999***	НРБ-99 (Россия)	10-20 население и персонал

* Представленные в [41] табличные данные воспроизведены в Wing S. et al., 1999 [42] в виде диаграммы.

** В оригинале [41] размерность показателей соответствовала рэм/год. Рэм (rem) – roentgen equivalent man; 1 рэм = 0,01 Зв [43].

*** Дополнено нами.

В последнем источнике рассматриваются в том числе мировые данные по работникам ядерной индустрии, включая ПО «Маяк» [49].

Наиболее обширное исследование эффектов у данного контингента, которое уже упоминалось выше, проведено достаточно давно – это координированные МАИР работы группы E. Cardis с соавторами, от 2005-2008 гг. [35-38]. Данное ретроспективное когортное исследование охватило 15 стран и порядка 400.000 работников преимущественно мужского пола, с заня-

тостью не менее 1 года, которые подвергались мониторингу внешнего облучения с использованием персональных дозиметров. Средняя кумулятивная индивидуальная доза составила 19,4 мЗв, причем 90% работников имели дозу ниже 50 мЗв.

Для смертности от всех видов рака, включая лейкозы, избыточный относительный риск (ERR) составил в работе 2005 г. 0,87 Зв⁻¹ (95% ДИ: 0,14-1,97) [35] и в работе 2007 г. 0,97 Зв⁻¹ (95% ДИ: 0,28-1,77) [36]. ERR для смертности от рака легких был значительно увеличен, достигая 1,86 Зв⁻¹

(95% ДИ: 0,26-4,01) [35, 36]. Поскольку наблюдаемый риск смертности от всех видов рака, кроме лейкозов, был в два раза выше, чем оценка риска смертности от солидного рака, наблюдаемая в японской когорте LSS (пострадавших от атомных бомбардировок), результаты интенсивно обсуждались и критиковались, в частности потому, что в учащение рака легкого основной вклад внесла канадская когорта, и, таким образом, общая группа отличалась гетерогенностью выборки. Среди канадской когорты подгруппа из 3088 индивидуумов, занятых до 1965 г., была единственной группой ядерных работников с радиационным увеличением риска смертности от солидного рака, и эта группа оказала сильное влияние на результаты работ [35-38]. Повторный анализ показал, что данные работники имели неполную информацию о дозе. Обнаружен потенциально значительный пробел в сообщении о нулевых дозах, который привел к существенному искажению отношений доза-эффект [39, 49, 50].

Что касается лейкозов (исключая хронический лимфоцитарный лейкоз, не имеющий радиационной этиологии), то ERR на единицу дозы составил $1,93 \text{ Зв}^{-1}$ (95% ДИ: 0-8,47), что указывает на избыточный риск, связанный с радиацией [35]. Учитывая данные исследований работников ПО «Маяк», где повышенный риск лейкозов был сконцентрирован в период 3-5 лет после облучения в значительных дозах, временные характеристики риска этого злокачественного новообразования могут быть отличными после длительных воздействий в малых дозах по сравнению с более высокими кумулятивными дозами (см. в [49]).

В одном из последних наблюдений за 174 541 индивидуумом из Национального регистра радиационных работников Великобритании наблюдался повышенный риск смертности ($\text{ERR} = 1,7 \text{ Зв}^{-1}$ (95% ДИ: 0,06-4,29) и заболеваемости ($\text{ERR} = 1,8 \text{ Зв}^{-1}$ (95% ДИ: 0,17-4,36) лейкозами [51]. В соответствии с другими работами, подтип лейкоза, демонстрирующий наиболее сильное доказательство связи с радиацией,

представляет собой хронический миелоидный лейкоз [51].

Нераковые патологии

В зависимости от конкретного исследования, посвященного эффектам у работников ядерной индустрии, число проанализированных патологий может достигать 6-10 и даже более. К примеру, в Beral V. et al., 1988 (атомщики Англии) [52] определена частота смертности от следующих патологий:

- Доброкачественные неоплазмы;
- Головного мозга и ЦНС (brain and nervous system);
- Кровеносной системы;
- Нервной системы (all diseases of nervous system);
- Циркуляторной системы;
- Респираторной системы;
- Пищеварительной системы;
- Мочеполовой системы;
- Гиперплазия простаты;
- Инциденты, суициды и убийства [в других источниках – «внешние причины»];
- От всех причин.

Наш анализ более чем 30 зарубежных публикаций по эффектам нераковых патологий у работников западных стран показал, что SMR практически для всех показателей ниже единицы (то есть ситуации лучше, чем в генеральной популяции). Исключения составили циркуляторные патологии (сердечно-сосудистые и цереброваскулярные), частота которых нередко повышалась, обычно немного, на 10-20%, но встречались когорты (точнее, дозовые группы) с двухкратным и более учащением. Однако все работники ядерной индустрии имели контакты и с иными, нерадиационными факторами, которые могли учащать такие мультифакториальные по причинности патологии, как указанные циркуляторные [53].

В таблице 2 представлены данные по нераковым патологиям у работников ядерной индустрии различных западных стран. Конечно, подборка не полна (напомним про более чем 800 имеющихся у нас источ-

ников), но и сейчас в связи с ограниченным объемом настоящей публикации полные ссылки не приводятся (за исключением использованных в других местах обзора, до или после таблицы 2).

Нелучевые факторы производства и образ жизни

Помимо профессиональных воздействий (химические и физические агенты

Таблица 2 – SMR (%) относительно генеральной популяции или иные показатели рисков нераковых патологий для различных контингентов работников ядерной индустрии западных стран*

Источник, когорта	Патологии, для которых SMR превысил 100% либо иные значимые показатели риска (SMR, % и пр.)
Smith P.G., Douglas A.J., 1986 (Sellafield, Англия; до 1983 г.)	В зависимости от длительности работы: Циркуляторные патологии – до 110 (параллельно для работников того же предприятия, но без радиационного фактора – до 119); Ишемическая болезнь сердца – до 118 (параллельный нерадиационный контроль – до 141); Цереброваскулярные патологии – до 114 (контроль – до 77)
Beral V. et al., 1988 (Англия; 1951-1982 гг.) [52]	В зависимости от накопленной дозы: Циркуляторные патологии – до 135 ($\geq 0,1$ Зв); Респираторные заболевания – до 216 ($\geq 0,1$ Зв); Внешние причины – до 336 ($\geq 0,1$ Зв)
Gilbert E.S. et al., 1993 (Hanford; США; до 1984 г.)	В зависимости от накопленной дозы (в некоторых группах очень мало случаев): Доброкачественные опухоли головного мозга и ЦНС: 143 (≥ 10 мЗв); 250 (≥ 50 мЗв); 0 (≥ 4 Зв); Циркуляторные патологии: 103 («0 мЗв»); 153 (≥ 4 Зв); Респираторные патологии: 111 (≥ 10 мЗв); 128 (≥ 50 мЗв); 150 (≥ 4 Зв)
Carpenter L. et al., 1994 (Англия; 1946-1988 гг.)	Представлены данные для всех нераковых патологий, в целом и в зависимости от накопленной дозы. В большинстве случаев частота снижена
Wiggs L.D. et al., 1994 (США; до 1990 г.; плутониевой производство)	Только для суицидов – 105; для остальных патологий частота существенно ниже 100
Loomis D.P., Wolf S.H., 1996 (Окридж, США; 1947-1990 гг.)	Патологии крови и кроветворной системы – 123 (все работники), 147 (белые мужчины); 'Symptoms, senility (маразм), and ill-defined conditions' – 271 (все работники), 293 (белые мужчины)
Frome E.L. et al., 1997 (Окридж, США; 1943-1985 гг.)	Для белых мужчин заболевания респираторной системы – 112; для небелых мужчин доброкачественные неоплазмы – 201 и заболевания крови – 119; Внешние причины – 105 и 102 (белые и небелые мужчины)
Cragle D.L. et al., 1998 (США; 1943-1986 гг.)	Показатели для всех проанализированных патологий снижены
Ashmore J.P. et al., 1998 (Канада; 1951-1987 гг.)	Показатели для всех проанализированных патологий снижены, нередко в 2 раза
Muirhead C.R. et al., 1999 (Англия; до 1992 г.)	Показатели для всех проанализированных патологий снижены
Ritz V. et al., 2000 (Ядерные верфи, США; 1953-1994 гг.)	Показатели для всех проанализированных патологий снижены
Gros H. et al., 2002 (Франция; до 1998 г.)	Показатели для всех проанализированных патологий у мужчин-работников снижены; crude RR (то есть без стандартизации) для самоубийств – 1,11, от рабочих инцидентов – 1,17; от нерабочих инцидентов – 1,13
Atkinson W.D. et al., 2004 (Англия; 1946-1997 гг.) [31]	Показатели для всех проанализированных патологий снижены

Продолжение таблицы 2	
Howe G.R. et al., 2004 (США; 1979-1997 гг.)	Показатели для всех проанализированных патологий снижены
Sponsler R., Cameron J.R., 2005 (Ядерные верфи США; 1957-1988 гг.)	Исследовано 20 показателей; все снижены для всех оцененных доз, за исключением астмы для дозовой группы в ≥ 5 мЗв – 107
Rogel A. et al., 2005 (Франция; 1961-1994 гг.)	Показатели для всех проанализированных патологий снижены
Telle-Lamberton M. et al., 2007 (Франция; 1950-1994) [54]	Для смертности от всех нераковых патологий оцененный RR на 100 мЗв составил 1,12; из которых: циррозы и алкогольные психозы: RR = 2,22; внешние причины: RR = 1,6. Показатели остальных заболеваний (циркуляторные и респираторные) не повышены, за исключением SMR = 125% для циркуляторных патологий в дозовой группе ≥ 2 Зв
Vrijheid M. et al., 2007 (объединенный анализ 15 стран) [37]	ERR на 1 Зв и RR на 100 мЗв соответственно: Для всех нераковых патологий: – 0,24; 1,02; Циркуляторные заболевания – 0,09; 1,01; Цереброваскулярные патологии – 0,88; 1,09; Респираторные заболевания – 1,16; 1,12; ХОБЛ – 0,56; 1,06; Заболевания пищеварительного тракта – 0,96; 1,10; Цирроз печени – 1,54; 1,15
McGeoghegan D. et al., 2008 (Англия; 1946-2005)	Циркуляторные патологии: ERR на 1 Зв достигает 1,25-1,85 в зависимости от группы (индустриальные и неиндустриальные работники) и от стратификации в зависимости от длительности работы. Показатели ERR на 1 Зв для ряда других групп патологий (диабет, ишемическая болезнь сердца, респираторные заболевания) положительны (0,14-2,53)
Muirhead C.R. et al., 2009 (Англия; до 2001 г.) [50]	Для всех нераковых патологий в сумме ERR на 1 Зв составил 0,2, преимущественно за счет циркуляторных заболеваний (тренд в зависимости от дозы)
Zielinski J.M. et al., 2009 (Канада; 1951-1995 гг.)	Подогнанный (fitted) RR для сердечно-сосудистых патологий у мужчин: 1,17; 1,35; 1,67 для доз от 0,1 Зв; от 0,2 Зв и от 0,4 Зв
Laurent O. et al., 2010 (Франция; 1961-2003 гг.)	Циркуляторные патологии в зависимости от накопленной дозы (число случаев мало): 105 (<5 мЗв); 109 (50–100 мЗв); 103 (100-150 мЗв); 556 (150-200 мЗв); 0 (>200 мЗв). ERR на 100 мЗв равен 1,27**. Цереброваскулярные патологии и ишемическая болезнь сердца: RR на 100 мЗв равен 2,31 и 1,24 соответственно
McGeoghegan D. et al., 2010 (Sellafield, Англия; 1957-2007 гг.)	В когорте ликвидаторов пожара на станции в 1957 г. зарегистрировано более высокие значения для следующих патологий: Эндокринные и метаболические – 125; диабет – 150; ментальные – 208; кровеносной системы – 120; ишемической болезни сердца – 133; цереброваскулярные – 112; генитоуретальные – 116; скелетно-мышечного аппарата – 420. В когорте не имеющих отношения к пожару 1957 г., соответственно: Инфекционные – 102; крови и кровяной системы – 106; нервной системы – 116; циркуляторные – 111; ишемической болезни сердца – 116; цереброваскулярные – 118
Voice J.D. Jr. et al., 2011 (Ядерные верфи США; 1948-2008 гг.)	Всего 14 показателей, почти все снижены, за исключением: суициды в общей группе – 111. В группе с воздействием полония: эмфизема – 107; суициды – 1,44
Samson E. et al., 2011 (Франция; до 1994 г.)	RR для циркуляторных патологий при внешнем облучении – 1,8; для внешних причин – 2,28
Richardson D.B. et al., 2013 (Окридж, США; 1960-2008 гг.)	Заболевания в зависимости от занятости работников (почасовая, недельная и месячная): Почасовая: крови и кровяной системы – 108; респираторной – 103. Понедельная: крови и кровяной системы – 104; нервной системы – 110; скелетно-мышечные – 103; ‘Sympt. and ill-def. conditions’ – 248. Помесячная: скелетно-мышечные – 110

Окончание таблицы 2	
Metz-Flamant C. et al., 2013 (Франция; до 2008 г.)	ERR на 1 Зв: циркуляторные – 0,31; ишемическая болезнь сердца – 0,71; цереброваскулярные – 0,99
Silver S.R. et al., 2013 (США; 1951-1985 гг.)	Стандартизованное отношение частот (standardised rate ratios – SRR) для ишемической болезни сердца – 1,38; для несчастных случаев (accidents) – 1,84
Zablotska L.B. et al., 2013 (Канада; до 1999 г.)	Все циркуляторные – 108, из них: гипертония – 267; ишемическая болезнь сердца – 107; цереброваскулярные патологии – 103; другие циркуляторные – 106. Пневмония – 109; нефриты и нефрозы – 110
Merzenich H. et al., 2014 (Германия; до 1997 г.)	Показатели для всех проанализированных патологий снижены, часто в два и более раза
Voice J.D. Jr. et al., 2014 (США; до 2009 г.; воздействие в том числе ^{210}Po)	Показатели для всех проанализированных патологий в группе с облучением снижены, за исключением суицидов – 111. В необлученной группе сравнения многие показатели повышены
Gillies M. et al., 2017 (объединенная группа Англии, Франции и США; до 2001-2005 гг.)	ERR на 1 Зв в зависимости от дозовой группы (от <50 мЗв до <500 мЗв): циркуляторные патологии – 0,15-0,36; ишемическая болезнь сердца – от минус 0,7 до 0,25; цереброваскулярные патологии – 0,86-2,32 (дозовая зависимость отсутствует). Для суммарной группы: циркуляторные – 0,22***; сердечные патологии – 0,18; цереброваскулярные – 0,49; респираторные – 0,13; пищеварительного тракта – 0,07

* RR – относительный риск.

** Эта работа цитируется в мета-анализах М.Р. Little с соавторами [55-57] (воспроизведенных в МКРЗ-118 [43]) как доказательство учащения сердечно-сосудистых эффектов после облучения в малых дозах, поскольку указанными авторами приводится только суммарный $RR = 1,27$ для всего диапазона, но – в пересчете на 100 мЗв. Видно, однако, что эффект обусловлен исключительно группой со средними, а не малыми дозами. На данный сомнительный момент (есть и другие подобные примеры в [56]) подхода к «мета-анализу эффектов малых доз» обращалось внимание нами и ранее [58].

*** Из данных этой работы следует, что прирост частоты циркуляторных патологий наблюдается только в группах с дозами более 0,1 Гр, преимущественно – более 0,2 Гр.

производства), важными нелучевыми факторами, которые способны влиять на индукцию многих заболеваний (а особенно – циркуляторных патологий и новообразований), являются образ жизни и привычки.

К примеру, в японском исследовании работников ядерной индустрии (54 000 человек) поделили на 5 групп в зависимости от накопленной дозы. Была обнаружена значимая связь между уровнем этой дозы и курением, а также алкоголизмом. Оказалось, к тому же, что для более высоких дозовых групп частота прохождения рентгенодиагностики пищеварительного тракта и пр. была ниже (то есть за здоровьем следили меньше) [59].

Во французской работе также обнаружено, что потребление алкоголя для работ-

ников French Atomic Energy Commission оказалось напрямую ассоциировано с полученной дозой радиации [54].

Для работников ядерной индустрии США отмечалась ассоциация между дозой облучения и частотой рака легкого. Зависимость «доза-эффект», однако, имитировалась курением [60].

Вероятно, более склонные к авантюрам и менее следящие за здоровьем индивидуумы могут оказаться на производствах более востребованными в ситуациях с повышенной радиационной опасностью. О различие в ее восприятии в зависимости именно от указанных склонностей свидетельствуют исследования, приведенные в монографии Г.М. Румянцевой с соавторами от 2009 г. [61].

Заключение

В данном разделе основной массив ссылок не приводится – их можно найти выше.

Работники ядерной индустрии последних десятилетий представляют собой удобный контингент для эпидемиологического исследования эффектов малых доз радиации (до 0,1 Гр [62]), а если рассматривать в ретроспективе прежние периоды – то и средних (0,1-1, 0 Гр [62]) и даже больших (1-10 Гр [62]) доз. Имеющиеся в мире регистры занятых на предприятиях ядерного цикла, равно как и соответствующие базы данных (публикаций, документов), несмотря, порой, на значительные объемы, достаточно локальны и ограничены, как правило, только национальными контингентами. Сформированная нами база источников по работникам ядерной индустрии, напротив, интернациональна и включает исследования (дозиметрия, смертность/заболеваемость, здоровье потомков и пр.) из более чем 40 стран. Объем базы на настоящий момент составляет более 800 источников и постоянно пополняется. Хотя до исчерпывающего анализа материала еще далеко, все же можно было сделать предварительные выводы относительно состояния здоровья работников ядерной индустрии различных стран.

Наиболее положительным является факт как правило меньшей стандартизированной смертности работников сравнительно с аналогичной поло-возрастной группой генеральной популяции. Этот эффект «здорового работника» отмечался на предприятиях как Запада, так и СССР/России. Некоторый парадокс заключается в том, что в начале становления ядерной индустрии эффект «здорового работника»

проявлялся намного отчетливее (на примере объединенной когорты Великобритании 1946-1997 гг. и, отчасти, занятых на ПО «Маяк»). То есть в ранние периоды, несмотря на гораздо менее жесткие НРБ, слабее разработанную технику безопасности и меньший технический прогресс, работать в ядерной индустрии по параметру продолжительности жизни было выгоднее сравнительно с обычными людьми, чем в последние десятилетия. Это не связано с радиационными предпосылками и объясняется, вероятно, различными нелучевыми вмешивающимися факторами, главным из которых является улучшение состояния здоровья и повышение уровня жизни генеральной популяции.

Анализ смертности работников ядерной индустрии на выборке из нескольких десятков обобщающих исследований западных стран, включая изучение объединенной когорты из 15 стран (Cardis E. et al., 2007-2008 [35-38]), продемонстрировал, что в настоящее время нет полностью обоснованного вывода о существенном увеличении смертности от солидных раков суммарно. Некоторое увеличение ERR для рака легкого оказалось связанным преимущественно с вкладом когорты из Канады, характеризующейся неполной дозиметрией.

В то же время риск лейкозов, судя по всему, может быть значимо повышен ($ERR = 1,93 \text{ Зв}^{-1}$ [35]²), на что указывают также данные по ПО «Маяк» для прошлых десятилетий.

Что касается нераковых патологий, то для большинства когорт сравнительно с генеральной популяцией в целом наблюдалась благоприятная картина меньшей

2 Даже если посчитать исследование [35] эпидемиологически корректным (на что есть много сомнений; см. выше и в [58]), полезно оценить абсолютные риски. Частота спонтанных лейкозов в различных (45) странах мира варьирует от 2 до 4,9 случаев на 100 тыс. населения в год [63]. $ERR = 1,93 \text{ Зв}^{-1}$ [35] означает, в пересчете на верхнюю границу малых доз радиации (0,1 Гр), повышение частоты на порядка 19%. Такое повышение будет обуславливать максимум 0,4-0,9 смерти от лейкозов в год на 100 тыс. работников ядерной индустрии. Аналогичный анализ для частоты солидных раков ($ERR = 0,87-0,97$ на 1 Зв [35, 36]) даст для границы малых доз прибавку в 9-10%.

смертности. Некоторое исключение составили циркуляторные заболевания (сердечно-сосудистые и цереброваскулярные), но повышение SMR в этих случаях было, как правило, невелико (на 10-20%). Встречались единичные случаи и более высоких рисков, но – для облучения в средних или высоких дозах. При этом нельзя сбрасывать со счетов, что практически все работники ядерной индустрии (в отличие, скажем, от радиологов) имели контакты и с нерадиационными повреждающими факторами, которые могли учащать столь мультифакториальные по причинности патологии, как указанные циркуляторные. Более того, в ряде работ была обнаружена статистически значимая связь между употреблением алкоголя, курением и накопленной дозой радиации (влияние стиля жизни).

Таким образом, проведенное краткое исследование опубликованных источников продемонстрировало, во-первых, в целом лучшее состояние здоровья работников ядерной индустрии различных стран мира сравнительно с генеральной популяцией и, во-вторых, достаточно слабый эффект лучевого фактора, по крайней мере в последние десятилетия.

Конфликт интересов

Конфликт интересов отсутствует. Настоящее исследование выполнено в рамках бюджетной темы НИР ФМБА России и не поддерживалось никакими иными источниками финансирования.

Библиографический список

1. ФМБА России. Федеральное Медико-биологическое агентство. Подведомственные организации. [электронный ресурс]. Режим доступа: <http://fmbaros.ru/0-fmbaros-rossii/podvedomstvennyye-organizatsii>. Дата доступа: 09.03.2020).
2. Туков, А.Р. Сравнительный анализ заболеваемости злокачественными новообразованиями и смертности от них у ликвидаторов последствий аварии на Чернобыльской АЭС, работавших на предпри-

ятиях атомной промышленности и атомных электростанциях России / А.Р. Туков, Л.Г. Дзагоева // Мед. радиол. и радиац. безопасность. – 2002. – Т. 47, № 4. – С. 27-33.

3. Заболеваемость неонкологическими болезнями лиц, подвергающихся профессиональному радиационному воздействию / А.Р. Туков [и др.] // Медицина экстремальных ситуаций. – 2013. – Т. 45, № 2. – С. 14-21.

4. Cardiovascular diseases in the cohort of workers first employed at Mayak PA in 1948-1958 / T.V. Azizova [et al.] // Radiat. Res. – 2010. – Vol. 174, № 2. – P. 155-168. DOI: 10.1667/RR1789.1.

5. The «clinic» medical-dosimetric database of Mayak production association workers: structure, characteristics and prospects of utilization / T.V. Azizova [et al.] // Health Phys. – 2008. – V. 94, № 5. – P. 449-458. DOI: 10.1097/01.HP.0000300757.00912.a2.

6. Structural and functional changes in cardiovascular system at arterial hypertension in persons exposed to ionizing radiation / R.M. Takhauov [et al.] // Int. J. Low Radiation. – 2006. – Vol. 2, №3/4. – P. 299-308. DOI: 10.1504/IJLR.2006.009524.

7. Региональный медико-дозиметрический регистр – основа оценки эффектов длительного воздействия ионизирующего воздействия в малых дозах на персонал Сибирского химического комбината / Р.М. Тахауов [и др.] // Радиация. Биология. Радиоэкология. – 2008. – Т. 48, № 3. – С. 318-326.

8. Пожизненный риск смерти от рака лёгкого при различных сценариях ингаляционного поступления ²³⁹Pu / М.Э. Сокольников [и др.] // Радиация и риск. – 2015. – Т. 24, № 3. – С. 59-70.

9. Cancer mortality following in utero exposure among offspring of female Mayak worker cohort members / S.J. Schonfeld [et al.] // Radiat. Res. – 2012. – Vol. 178, № 3. – P. 160-165. DOI: 10.1667/rr2848.1.

10. Incidence and mortality of solid cancers in people exposed in utero to ionizing radiation: pooled analyses of two cohorts from the Southern Urals, Russia / A. Akleyev [et al.] // PLoS One. – 2016. – Vol. 11, № 8. –

- e0160372. 14 p. DOI: 10.1371/journal.pone.0160372.
11. *In utero* exposure to radiation and haematological malignancies: pooled analysis of Southern Urals cohorts / Schuz J. [et al.] // *Br. J. Cancer.* – 2017. – Vol. 116. – P. 126-133. doi: 10.1038/bjc.2016.373.
 12. UNSCEAR 1962. Report to the General Assembly, with Scientific Annex. Annex G. Medical, occupational and other exposures. United Nations. – New York, 1962. – P. 375-413.
 13. UNSCEAR 1972. Report to the General Assembly, with Scientific Annex. Volume 1. Level. Annex C. Doses from occupational exposures. United Nations. – New York, 1972. – P. 173-186.
 14. UNSCEAR 1977. Report to the General Assembly, with Scientific Annex. Annex E. Doses from occupational exposures. United Nations. – New York, 1977. – P. 223-300.
 15. UNSCEAR 1982. Report to the General Assembly, with Scientific Annex. Annex H. Occupational exposures. United Nations. – New York, 1982. – P. 371-423.
 16. UNSCEAR 1993. Report to the General Assembly, with Scientific Annex. Annex D. Occupational radiation exposures. United Nations. – New York, 1993. – P. 375-549.
 17. UNSCEAR 2000. Report to the General Assembly, with Scientific Annex. Annex E. Occupational radiation exposures. United Nations. – New York, 2000. – P. 499-654.
 18. UNSCEAR 2019. Report to the General Assembly, with Scientific Annex. Draft R-735; 10-14 June 2019. Evaluation of occupational exposures to ionizing radiation. United Nations. – New York, 2019. – 118 p.
 19. BEIR VII Report 2006. Phase 2. Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation. Committee to Assess Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation, National Research Council. <http://www.nap.edu/catalog/11340.html> (address data 09.03.2020.)
 20. Dosimetry and uncertainty approaches for the million person study of low-dose radiation health effects: overview of the recommendations in NCRP Report No. 178 / L.T. Dauer [et al.] // *Int. J. Radiat. Biol.* – 2018. – Vol. 19. – P. 1-10. DOI: 10.1080/09553002.2018.1536299.
 21. IARC 2000. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Ionizing Radiation, Part 1: X- and Gamma (γ)-Radiation, and Neutrons. Volumes 75, Lyon, 2000. – 491 p.
 22. IARC 2012. Radiation. A review of human carcinogens. Vol. 100 D. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. – Lyon, France, 2012. – 341 p.
 23. IEAE 1996. Methods for estimating the probability of cancer from occupational radiation exposure. IAEA-TECDOC-870. IAEA, 1996. – 54 p.
 24. IEAE 2004. Radiation, people and environment. IAEA, 2004. – 81 p.
 25. Wisconsin Department of Public Health. Risks from Occupational Radiation Exposure. Wisconsin Administrative Code. Chapter DHS 157. Radiation Protection Regulatory Guide (WISREG 8.29). 2002. – 19 p. <https://www.dhs.wisconsin.gov/publications/p45028.pdf>.
 26. Rao, N. Occupational Radiation Exposure / N. Rao, D.A. Hagemeyer, D.B. Holcomb // U.S. Department of Energy (DOE). Report for Calendar Year 2018, 2018. – 70 p. https://www.energy.gov/sites/prod/files/2020/01/f70/2018_Occupational_Radiation_Exposure_Report_0.pdf (address data 09.03.2020.)
 27. Mancuso. T.F. Radiation exposures of Hanford workers dying from cancer and other causes / T.F. Mancuso, A. Stewart, G. Kneale // *Health Phys.* – 1977. – Vol. 33. – P. 369-385. DOI: 10.1097/00004032-197711000-00002.
 28. Schofield G.B. Epidemiological studies of radiation workers: preliminary communication / G.B. Schofield // *J. R. Soc. Med.* – 1982. – Vol. 75. № 6. – P. 450-456.
 29. Гуськова А.К. Атомная отрасль страны глазами врача / А.К. Гуськова. – М.: Реальное Время, 2004. – 240 с.
 30. Mortality among mound workers exposed to polonium-210 and other sources of radiation, 1944-1979 / J.D. Jr. Boice [et al.] //

- Radiat. Res. – 2014. – Vol. 181, № 2. – P. 208-228. doi: 10.1667/RR13395.1.
31. Mortality of employees of the United Kingdom Atomic Energy Authority, 1946-97 / W.D. Atkinson [et al.] // *Occup. Environ. Med.* – 2004. – Vol. 61, № 7. – P. 577-585. DOI: 10.1136/oem.2003.012443.
32. Boice J.D. Jr. The importance of radiation worker studies / J.D. Boice // *J. Radiol. Prot.* – 2014. – Vol. 34, № 3. – P. E7-E12. DOI: 10.1088/0952-4746/34/3/E7.
33. Simon, S.L. Radiation-exposed populations: who, why, and how to study / S.L. Simon, M.S. Linet // *Health Phys.* – 2014. – Vol. 106, № 2. – P. 182-195. DOI: 10.1097/HP.0000000000000006.
34. UNSCEAR 2010. Report to the General Assembly, with Scientific Annex. Volume I. Annex A. Medical radiation exposures. United Nations. – New York, 2010. – P. 23-220.
35. Risk of cancer after low doses of ionising radiation: retrospective cohort study in 15 countries / E. Cardis [et al.] // *Brit. Med. J.* – 2005. – Vol. 331, № 7508. – P. 77-80. DOI: 10.1136/bmj.38499.599861.E0.
36. The 15-Country Collaborative Study of Cancer Risk among Radiation Workers in the Nuclear Industry: estimates of radiation-related cancer risks / E. Cardis [et al.] // *Radiat. Res.* – 2007. – Vol. 167, № 4. – P. 396-416. DOI: 10.1667/RR0553.1.
37. Mortality from diseases other than cancer following low doses of ionizing radiation: results from the 15-Country Study of nuclear industry workers / M. Vrijheid [et al.] // *Int. J. Epidemiol.* – 2007. – Vol. 36, № 5. – P. 1126-1135. DOI: 10.1093/ije/dym138
38. Ionizing radiation and risk of chronic lymphocytic leukemia in the 15-country study of nuclear industry workers / M. Vrijheid [et al.] // *Radiat. Res.* – 2008. – Vol. 170, № 5. – P. 661-665. DOI: 10.1667/RR1443.1.
39. Review and evaluation of updated researches on the health effects associated with low-dose ionizing radiation / L.T. Dauer [et al.] // *Radiat. Prot. Dosim.* – 2010. – Vol. 140, № 2. – P. 103-136. DOI: 10.1093/rpd/ncq141.
40. McGeoghegan, D. The mortality and cancer morbidity experience of employees at the Chapelcross plant of British Nuclear Fuels plc, 1955-95 / D. McGeoghegan, K. Binks // *J. Radiol. Prot.* – 2001. – Vol. 21, № 3. – P. 221-250. DOI: 10.1088/0952-4746/21/3/302.
41. U.S. Department of Energy. Closing the Circle on the Splitting of the Atom // *The Environmental Legacy of Nuclear Weapons Production in the United States and What the Department of Energy is Doing About It.* U.S. Department of Energy, Office of Environmental Management, January 1995. DOE/EM-0266. – 106 p. https://www.energy.gov/sites/prod/files/2014/03/f8/Closing_the_Circle_Report.pdf (address data 09.03.2020).
42. Wing, S. The relevance of occupational epidemiology to radiation protection standards / S. Wing, D. Richardson, A. Stewart // *New Solut.* – 1999. – V. 9, № 2. – P. 133-151. DOI: 10.2190/LBN7-2UAB-NJMQ-HDHA.
43. ICRP Publication 118. ICRP Statement on tissue reactions and early and late effects of radiation in normal tissues and organs – threshold doses for tissue reactions in a radiation protection context. *Annals of the ICRP.* Ed. by C.H. Clement. Amsterdam – New York: Elsevier, 2012. – 325 p.
44. Лин Дж. «Желтая тревога» на атомном заводе в Селлафилде. «Обсервер», Лондон. Пер. с англ. / Дж. Лин // *За рубежом.* – 1986. – № 25 (1354). – С. 17-18.
45. Гуськова, А.К. Первые шаги в будущее вместе: атомная промышленность и медицина Южного Урала / А.К. Гуськова, А.В. Аклеев, Н.А. Кошурникова. – М.: Алана, 2009. – 184 с.
46. Mortality of populations potentially exposed to ionising radiation, 1953–2010, in the closed city of Ozyorsk, Southern Urals: a descriptive study / I. Deltour [et al.] // *Environ. Health.* – 2015. – Vol. 14, № 91. – 12 p. DOI: 10.1186/s12940-015-0078-8.
47. Радиационная медицина / Под ред. акад. РАМН Л.А. Ильина. В четырех томах. Т. I. Теоретические основы радиационной медицины. – М.: Изд. АТ, 2004. – 992 с.

48. Wing S. Basics of radiation epidemiology / S. Wing // In: 'Radiation Health. Effects'. Ed. by G.M. Burdman, L. Kaplan. – Seattle: Hanford Health Information Network, 1994. <http://www.geocities.ws/irradiated45rems/7page6.html> (address data 09.09.20).
49. Radiation Epidemiology / H. Zeeb [et al.] // In: 'Schottenfeld and Fraumeni Cancer Epidemiology and Prevention'. 4th Edition. Ed. by M.J. Thun et al. – New York: Oxford University Press. Printed by Sheridan Books, Inc., USA, 2018. – P. 2003-2037.
50. Ashmore, J.P. Incomplete data on the Canadian cohort may have affected the results of the study by the International Agency for Research on Cancer on the radiogenic cancer risk among nuclear industry workers in 15 countries / J.P. Ashmore, N.E. Gentner, R.V. Osborne // *J. Radiol. Prot.* – 2010. – Vol. 30. № 2. – P. 121-129. DOI: 10.1088/0952-4746/30/2/001.
51. Mortality and cancer incidence following occupational radiation exposure: third analysis of the National Registry for Radiation Workers / C.R. Muirhead [et al.] // *Br. J. Cancer.* – 2009. – Vol. 100. № 1. – P. 206-212. DOI: 10.1038/sj.bjc.6604825.
52. Mortality of employees of the Atomic Weapons Establishment, 1951-1982 / V. Beral [et al.] // *British Med. J.* – 1988. – Vol. 297. № 6651. – P. 757-770. DOI: 10.1136/bmj.297.6651.757.
53. Gerstman, B.B. *Epidemiology Kept Simple: An Introduction to Traditional and Modern Epidemiology*, 2nd ed. – New York: Wiley-Liss, 2003. – 436 p.
54. External radiation exposure and mortality in a cohort of French nuclear workers / M. Telle-Lamberton [et al.] // *Occup. Environ. Med.* – 2007. – Vol. 64, № 10. – P. 694-700. DOI: 10.1136/oem.2007.032631.
55. A systematic review of epidemiological associations between low and moderate doses of ionizing radiation and late cardiovascular effects, and their possible mechanisms / M.P. Little [et al.] // *Radiat. Res.* – 2008. – Vol. 169, № 1. – P. 99-109. DOI: 10.1667/RR1070.1.
56. Review and meta-analysis of epidemiological associations between low/moderate doses of ionizing radiation and circulatory disease risks, and their possible mechanisms / M.P. Little [et al.] // *Radiat. Environ. Biophys.* – 2010. – Vol. 49, № 2. – P. 139-153. DOI: 10.1007/s00411-009-0250-z.
57. Systematic review and meta-analysis of circulatory disease from exposure to low-level ionizing radiation and estimates of potential population mortality risks / M.P. Little [et al.] // *Environ. Health Perspect.* – 2012. – Vol. 120, № 11. – P. 1503-1511. DOI: 10.1289/ehp.1204982.
58. Котеров, А.Н. Биологические и медицинские эффекты излучения с низкой ЛПЭ для различных диапазонов доз / А.Н. Котеров, А.А. Вайнсон // *Мед. радиология и радиац. безопасность.* – 2015. – Т. 60, № 3. – С. 5-31.
59. Life-style and other characteristics of radiation workers at nuclear facilities in Japan: base-line data of a questionnaire survey / M. Murata [et al.] // *J. Epidemiol.* – 2002. – Vol. 12, № 4. – P. 310-319. DOI: 10.2188/jea.12.310.
60. Occupational radiation exposure and mortality: second analysis of the National Registry for Radiation Workers / C.R. Muirhead [et al.] // *J. Radiol. Prot.* – 1999. – V. 19, № 1. – P. 3-26. DOI: 10.1088/0952-4746/19/1/002.
61. Румянцева, Г.М. Радиационные инциденты и психическое здоровье населения / Г.М. Румянцева, О.В. Чинкина, Л.Н. Бежина. – М.: ФГУ «ГНЦССП», 2009. – 288 с.
62. Котеров, А.Н. От очень малых до очень больших доз радиации: новые данные по установлению диапазонов и их экспериментально-эпидемиологические обоснования / А.Н. Котеров // *Мед. радиология и радиац. безопасность.* – 2013. – Т. 58, № 2. – С. 5-21.
63. *Канцерогенез*. Под ред. Д.Г. Заридзе. – М.: Медицина, 2004. – 576 с.

A.N. Koterov, L.N. Ushenkova, M.V. Kalinina, A.P. Biryukov

**BRIEF REVIEW OF WORLD RESEARCHES OF RADIATION AND
NON-RADIATION EFFECTS IN NUCLEAR INDUSTRY WORKERS**

Based on the generated database of sources (publications and documents) devoted to studies of health effects in nuclear industry workers (about 40 countries; more than 800 works), a brief overview of the mortality rate of this contingent from various pathologies has been performed. The fact of lower mortality of workers is revealed in comparison with the standardized for sex and age group of the general population. Some paradox was that at the initiating of the development of the nuclear industry this effect 'healthy worker' manifested itself more clearly than in recent decades (it was demonstrated by the example of the united cohort of Great Britain in 1946-1997 and, partly, employed by Mayak Production Association).

An analysis of the parameter for nuclear industry workers in Western countries, including a pooled cohort of 15 countries (Cardis E. et al., 2007-2008), showed that there is currently no fully founded conclusion about a substantial increase in mortality from solid cancers in total. A slight increase of the risk for lung cancer has been associated mainly with a Canada cohort characterized by incomplete dosimetry. At the same time, the risk of leukemia, apparently, can be significantly increased, as indicated by the Mayak Production Association data for past decades. But the increase in the absolute risk of mortality from leukemia after irradiation at the border of low doses (0,1 Gy) was small: no more than 0,4-0,9 deaths per 100 000 employees per year.

For non-cancer pathologies, compared with the general population as a whole, lower mortality was observed. Circulatory diseases were a slight exception, although the increase in risk in these cases was usually small (by 10-20%). There have been isolated cases of higher risks, but for exposure to medium or high doses. It should be borne in mind, however, that the contingent under study also had contacts with non-radiation damaging factors that could increase circulatory pathologies which are multifactorial in causality. A number of studies have also found a statistically significant relationship between alcohol consumption, smoking and the accumulated dose of radiation (the influence of lifestyle).

Thus, a brief study showed, on the whole, the best health status of nuclear workers in various countries of the world compared with the general population, as well as the rather weak effect of the radiation factor, at least in recent decades.

Key words: *nuclear industry workers, databases, "healthy worker effect", malignant neoplasms, noncancerous pathologies*

Поступила 11.03.2020