

А.Р. Туков, И.Л. Шафранский, О.Н. Прохорова, А.М. Михайленко, М.Н. Зиятдинов

ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ САХАРНЫМ ДИАБЕТОМ 2 ТИПА И РИСК ЕГО ВОЗНИКНОВЕНИЯ У ЛИКВИДАТОРОВ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИИ НА ЧАЭС, В ТОМ ЧИСЛЕ РАБОТНИКОВ ПРЕДПРИЯТИЙ АТОМНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

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

Контактное лицо: Александр Романович Туков, e-mail: atukov40@mail.ru

АННОТАЦИЯ

Резюме: В структуре болезней эндокринной системы, расстройств питания и нарушения обмена веществ самый большой удельный вес занимает сахарный диабет (СД), который на настоящее время является одним из важных приоритетов национальных систем здравоохранения. Актуальными являются исследования на отдельных группах населения, имеющих свои вредные производственные факторы риска.

Цель: Анализ заболеваемости сахарным диабетом второго типа СД2 (МКБ 10: E11–E11.9) у ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС, в том числе работников предприятий атомной промышленности, за 30-летнее наблюдение, и оценка радиационного риска его возникновения.

Материал и методы: В исследование включены данные за тридцатилетний период Отраслевого регистра лиц, подвергшихся воздействию радиации в результате аварии на Чернобыльской АЭС, имеющих верифицированную дозу внешнего облучения, полученную при работе в 30 км зоне ЧАЭС: мужчины – 12663 чел., 1327 из них имеют данные о дозе профессионального облучения. В качестве статистической модели заболеваемости был выбран Пуассоновский процесс с параметром интенсивности.

Результаты: На основе полученного файла индивидуальных нестратифицированных данных построена аналитическая функция правдоподобия для Пуассоновского процесса, рассчитана величина избыточного относительного риска (ИОР) заболеваемости СД2 и исследован характер дозовой зависимости ИОР. Проведено когортное эпидемиологическое исследование группы ликвидаторов 1986–1990 гг. за тридцатилетний период в зависимости от дозы, как полученной при ликвидации последствий аварии на ЧАЭС, так и при профессиональной работе с радиоактивными веществами (РВ) и источниками ионизирующего излучения (ИИИ). Даны прямые оценки радиогенного риска заболевания сахарным диабетом. Отмечены различные величины риска при использовании доз от различных видов облучения. Достоверного увеличения риска заболевания на единицу дозы (ИОР/Зв) не отмечено.

Заключение: При постарении когорты ликвидаторов отмечен рост заболеваемости СД2 как мужчин, так и женщин. Полученные результаты по оценке радиационного риска возникновения СД2 на данном этапе идентифицированы как предварительные, так как для использования радиационного риска при разработке регламентов радиационной безопасности необходима суммарная доза от всех видов облучения (профессионального, аварийного, медицинского, природного).

Ключевые слова: сахарный диабет, заболеваемость, радиация, относительный риск, избыточный рис, авария на ЧАЭС, работники атомной промышленности, отраслевой регистр

Для цитирования: Туков А.Р., Шафранский И.Л., Прохорова О.Н., Михайленко А.М., Зиятдинов М.Н. Заболеваемость сахарным диабетом 2 типа и риск его возникновения у ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС, в том числе работников предприятий атомной промышленности // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2023. Т. 68. № 6. С. 60–66. DOI:10.33266/1024-6177-2023-68-6-60-66

A.R. Tukov, I.L. Shafransky, O.N. Prokhorova, A.M. Mikhailenko, M.N. Ziyatdinov

Diabetes Mellitus Incidence and the Risk of its Occurrence in Liquidators of the CHNPP Accident Consequences including Nuclear Industry Workers

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

Contact person: A.R. Tukov, e-mail: atukov40@mail.ru

ABSTRACT

Summary: Investigation purposes Diabetes mellitus (DM) occupies the largest share in the structure of endocrine system diseases, nutritional disorders and metabolic disorders, which is currently one of the important priorities of national health systems. Research on certain groups of the population with their own harmful occupational risk factors is relevant. Analysis of the incidence of diabetes mellitus of the second type - T2DM (ICD 10: E11–E11.9) of liquidators of the consequences of the Chernobyl accident – workers of nuclear industry enterprises for 30 years of observation and assessment of the radiation risk of its occurrence.

Material and methods: The study includes data from the Industry register of persons exposed to radiation as a result of the Chernobyl accident over a thirty-year period, having a verified dose of external radiation received during work in the 30 km zone of the Chernobyl nuclear power plant, men – 12663 people, 1327, of whom have data on the dose of occupational irradiation. The Poisson process with an intensity parameter was chosen as a statistical model of morbidity.

Results: The incidence of T2DM in liquidators of the consequences of the Chernobyl accident was estimated by age and sex groups. On the basis of the obtained file of individual unstratified data, an analytical likelihood function for the Poisson process was constructed and the value of the excess relative risk (ERR) of T2DM incidence was calculated and the nature of the dose dependence of RR was investigated. A cohort epidemiological study of a group of liquidators in 1986–1990 was carried out. over a thirty-year period, depending on the dose, both received during the liquidation of the consequences of the Chernobyl accident, and during professional work with radioactive substances (RS) and sources of ionizing radiation (IRS). Direct estimates of the radiogenic risk of diabetes mellitus are given. Different values of risk were

noted when using doses from different types of radiation. There was no significant increase in the risk of disease per dose unit (ERR / Sv).

Conclusion: With the aging of the cohort of liquidators, an increase in the incidence of T2DM was noted in both men and women. The results obtained on the assessment of the radiation risk of T2DM at this stage are taken as preliminary, since the use of radiation risk in the development of radiation safety regulations requires a total dose from all types of exposure (professional, emergency, medical, natural).

Keywords: diabetes, incidence, radiation, relative risk, overweight, Chernobyl accident, employees of the nuclear industry, sectoral register

For citation: Turov AR, Shafransky IL, Prokhorova ON, Mikhailenko AM, Ziyatdinov MN. Diabetes Mellitus Incidence and the Risk of its Occurrence in Liquidators of the CHNPP Accident Consequences including Nuclear Industry Workers. Medical Radiology and Radiation Safety. 2023;68(6):60–66. (In Russian). DOI:10.33266/1024-6177-2023-68-6-60-66

Введение

Доля больных с патологией эндокринной системы постоянно увеличивается во всех экономически развитых странах мира. Ведущее место в структуре всех эндокринных заболеваний занимает сахарный диабет (СД), являющийся на сегодняшний день одним из самых опасных вызовов мировому сообществу и важным приоритетом национальных систем здравоохранения [1]. Еще два десятка лет назад численность больных СД в мире не превышала 130 млн чел. Если в 2013 г. численность пациентов с СД в мире составила 387 млн чел., увеличившись, таким образом, более чем в 2 раза за последние 10 лет [2], то уже в 2015 г. опубликованы данные о том, что численность больных СД в мире превысила 415 млн. человек [3]. По мнению Масловой О.В. и Сунцова Ю.И., «количество больных СД постоянно увеличивается в связи с ростом численности и возраста населения, урбанизации территории, увеличением распространённости ожирения и малоподвижного образа жизни» [4]. По данным литературы, наибольшая распространённость СД в мире отмечена в Токелау – 37,9 %, наименьшая – в Мали (1,28 %) [5].

По оценкам экспертов, в Европейском регионе, куда входят 56 стран, число людей с СД составляет 56,3 млн, или 8,5 % от взрослого населения. Самый высокий показатель распространённости СД отмечается в Турции – 14,8 %. Европейские страны, в которых проживает наибольшее число людей, страдающих СД, большей частью расположены в Западной Европе. Показатель распространённости СД в Германии составляет 11,95 %, в Испании – 10,83 %, Италии – 7,95 %, Франции – 7,50 %, в Великобритании – 6,57 %, минимальная распространённость СД в Европе наблюдается в Азербайджане – 2,28 % [5].

Сегодня в Китае проживает наибольшее число людей с СД – 109,6 млн., а уровень распространённости достигает 10,6 % [3].

В Северной Америке и странах Карибского бассейна большинство населения региона проживает в США, Мексике и Канаде, и в этих же странах зарегистрировано подавляющее большинство людей, страдающих СД. Распространённость СД в Мексике – 11,7 %, Канаде – 10,21 %, США – 10,90 % [6].

Распространённость СД2 в зависимости от пола и возраста была изучена в исследовании DECODE (Diabetes Epidemiology Collaborative Analysis of Diabetic Criteria in Europe), проведённом в 8 европейских странах. В ходе исследования наблюдали 16931 чел. в возрасте 30–89 лет, среди которых 1325 человек имели впервые выявленный СД типа 2. Как показало исследование, распространённость СД 2 в группе лиц моложе 60 лет была менее 10 %, среди лиц 60–79 лет – 10–20 % [4].

В различных странах мира частота СД типа 1 сильно варьирует. По данным эпидемиологических исследований, частота СД типа 1 в мире колеблется от 36,8 на 100 тыс. населения в Финляндии до 0,8 на 100 тыс.

населения в странах Западно-Тихоокеанского региона (Китай, Япония, Пакистан) [5].

В России также отмечаются высокие темпы роста заболеваемости диабетом. По данным российского Госрегистра больных СД, в начале 2015 г. в лечебных учреждениях насчитывалось около 4,1 млн. чел.: 340 тыс. больных СД типа 1 и 3,7 млн чел. с СД типа 2. Следует также учитывать и результаты эпидемиологических исследований, которые проводились в период в 2002–2010 гг. Они показали, что истинная численность пациентов с СД приблизительно в 3–4 раза больше зарегистрированной официально, то есть составляет не менее 7 % населения России (9–10 млн чел.) [7]. Можно отметить, что они остаются ниже таких же показателей в мире.

Специалисты НМИЦ эндокринологии Минздрава России выявили различия в заболеваемости СД между федеральными округами России, расположенными в разных географических зонах страны. Имеет место так называемый феномен градиента нарастания данного показателя в направлениях Юг–Север для СД типа 1 и Восток–Запад для СД типа 2. В 2017 г. заболеваемость СД2 в России составила 185 на 100 тыс. населения [2].

Приведенные данные свидетельствуют о высокой значимости эндокринной патологии – сахарного диабета и заболеваний щитовидной железы. Анализ публикаций, посвященных их эпидемиологии, говорит о том, что эндокринные заболевания являются важной и, к сожалению, нерешённой медико-социальной проблемой современности.

В документе об оказании медико-социальной помощи работникам ПО «Маяк» значимая корреляция заболеваемости и распространённости сахарным диабетом (E10–E14) ($R^2 = 0,9$; $r = 0,9$), что приводит к увеличению количества лиц с эндокринной патологией и нарушениями обмена веществ среди работников предприятия. При анализе индекса массы тела из 912 работников основных заводов предприятия ожирение всех степеней отмечено у 38,9 %. Частота ожирения I и II степени преобладала, ожирение II, III степени и выше чаще встречалось у женщин по сравнению с мужчинами (18,0 и 9,2 % против 12,9 и 3,6 % соответственно). Среди впервые выявленных хронических заболеваний у работников атомной энергетики преобладали заболевания эндокринной системы (36,8 %). В структуре заболеваемости эндокринной патологией у лиц в возрасте 42±10 лет 70 % случаев пришлось на сахарный диабет и 30 % на узловой зоб [8, 9].

Сотрудники центров Франции и Великобритании в период с 1946 по 1985 гг. наблюдали 2520 чел., прошедших курс облучения в детстве по причине онкологического заболевания. Была оценена доза облучения, полученная хвостом, головой и телом поджелудочной железы и 185 другими анатомическими участками во время каждого курса лучевой терапии с 1990 по 1995 гг. для каждого ребёнка после реконструкции условий, в которых было проведено облучение. Была исследована связь

между дозой облучения поджелудочной железы и риском последующего диагноза диабета. Относительный риск диабета сильно возрастает с дозой облучения хвоста поджелудочной железы, где сосредоточены островки Лангерганса, при 29 Гр он возрастает в 9 раз. Рассчитанный относительный риск на 1 Гр составил 1,61 (95 % ДИ 1,21–2,68) [10].

В последнее время повышенный риск развития СД наблюдался после облучения брюшной полости по поводу рака у детей. Поскольку многие выжившие с лимфомой Ходжкина (НЛ) получали инфрадиафрагмальную лучевую терапию, была оценена связь между лечением НЛ и риском СД у 2264 человека, переживших НЛ в течение 5 лет, и прошедших лечение в период с 1965 по 1995 гг. После среднего периода наблюдения 21,5 года у 157 пациентов развился СД. Облучение парааортальных лимфатических узлов и селезёнки с дозой ≥ 36 Гр было связано с 2,3-кратным повышением риска СД. Более низкие дозы (от 10 до 35 Гр) существенно не увеличивали риск СД. Риск СД значительно увеличивался при более высоких средних дозах облучения хвоста поджелудочной железы ($p < 0,001$) [11].

Исследование было направлено на сравнение распространенности СД у детей, переживших рак, и их братьев и сестёр. Работа включала 8599 лиц, выживших в исследовании лиц после детского рака (CCSS), ретроспективно установленную когорту выживших в Северной Америке, которым был поставлен диагноз между 1970 и 1986 гг., а также 2936 случайно выбранных братьев и сестёр. Основным исходом был сахарный диабет, о котором сообщали сами заболевшие. Результаты исследования: средний возраст выживших братьев и сестёр составлял 31,5 года (возрастной диапазон 17,0–54,1 года). Сахарный диабет был зарегистрирован у 2,5 % выживших и у 1,7 % братьев и сестёр. После корректировки на индекс массы тела, возраст, пол, расу / этническую принадлежность, доход домохозяйства и страхование, оставшиеся в живых были в 1,8 раза чаще, чем братья и сестры [12].

В связи с тем, что ни один медико-дозиметрический регистр не соответствует требованиям НРБ 99/2009 (наличие суммарной дозы облучения), отсутствует возможность проведения корректных исследований по оценке риска возникновения радиационно-индуцированных заболеваний при малых дозах облучения на существующих регистрах, как в стране, так и за рубежом.

Актуальность данного исследования заключается в использовании впервые доз от различных видов облучения для оценки радиационного риска возникновения сахарного диабета типа 2 у ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС.

Цели исследования – анализ заболеваемости СД2 (МКБ 10: E11-E11.9) за 30-летнее наблюдение ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС, в том числе работников предприятий атомной промышленности, и оценка радиационного риска его возникновения.

Материал и методы

В работе использованы данные по заболеваемости СД2 в когорте ликвидаторов последствий аварии на Чернобыльской АЭС, работников предприятий и организаций Госкорпорации «Росатом». В анализ включена информация о ликвидаторах мужчинах, состоящих на учёте в Отраслевом регистре лиц, подвергшихся воздействию радиации в результате аварии на Чернобыльской АЭС и имеющих данные о верифицированных дозах внешнего облучения (12663 чел.). Средний возраст ликвидаторов на момент участия в ликвида-

ции последствий аварии на ЧАЭС составил $36,6 \pm 0,1$ года, 80 % ликвидаторов находились в возрастной группе 30–40 лет. Необходимо учесть, что на работы в 30 км зоне ЧАЭС направляли, в основном, практически здоровый контингент.

Концерн «Росэнергоатом» предоставил в ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России данные о дозах профессионального облучения работников основного производства 9 АЭС, состоящих на индивидуальном дозиметрическом контроле (ИДК), участвовавших в ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС. В разработку включены данные о дозах профессионального облучения работников Балаковской, Белоярской, Калининской, Кольской, Курской, Ленинградской, Нововоронежской, Ростовской и Смоленской АЭС.

Кроме того, данные о профессиональных дозах облучения были получены от учреждений здравоохранения ФМБА России на 1327 работников ряда предприятий и организаций Госкорпорации «Росатом».

Дозы профессионального облучения на 1327 работников были представлены по годам работы с РВ и ИИИ от начала работы на АЭС и предприятиях по 2015 г. Рассчитаны кумулятивные дозы аварии для лиц, включённых в Отраслевой чернобыльский регистр.

Данные о дозах внешнего облучения ликвидаторов различных годов пребывания в 30-км зоне ЧАЭС представлены в табл. 1 только по мужчинам, так как мы располагаем данными по небольшому числу женщин с низким уровнем дозиметрии у них.

Таблица 1

Обеспеченность ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС данными о дозах внешнего облучения, мужчины
Availability of data on external radiation doses to Chernobyl accident liquidators, men

Годы въезда в 30 км зону	Число Ликвидаторов	Из них есть доза		Среднее значение, мЗв
		число лиц	%%	
1986	10790	7277	67,4	74,8
1987	4738	3352	70,7	33,1
1988	1868	1383	74,0	25,7
1989	798	566	70,9	16,8
1990	266	95	35,7	11,9
Всего:	18450	12663	68,6	55,3

В табл. 2 представлена информация о средних, минимальных и максимальных дозах внешнего облучения, полученных ликвидаторами-мужчинами в различных местах работы.

Таблица 2

Распределение доз облучения в зависимости от места работы
Distribution of radiation doses according to place of work

Место получения дозы	Средняя доза, мЗв	Минимальная доза, мЗв	Максимальная доза, мЗв
ЧАЭС	55,3	0,1	1478,50
Предприятия Госкорпорации «Росатом»	142,8	0,1	1832,40
Суммарная доза	70,6	0,2	1985,6

В табл. 3 представлены некоторые характеристики обобщённой базы данных Регистра по пяти дозовым группам, как доз, полученных при работе в 30 км. зоне ЧАЭС, так и суммарным с профессиональными дозами. Группы формировались из расчёта примерно равного количества лиц и с учётом полученных доз облучения.

Таблица 3

Обеспеченность ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС данными о дозах внешнего облучения**Availability of data on external radiation doses to Chernobyl clean-up workers**

Дозы ЧАЭС			Дозы ЧАЭС+проф. дозы		
Дозовая группа, мЗв	Число ликвидаторов	Средняя доза, мЗв	Дозовая группа, мЗв	Число ликвидаторов	Средняя доза, мЗв
0,1–4,0	2831	2,2±0,04	0,2–4,99	2544	2,25±0,02
4,1–12,0	2256	7,88±0,04	5,0–16,7	2600	9,59±0,07
12,1–33,0	2366	20,93±0,07	17,0–50,9	2629	31,64±0,19
33,3–93,6	2436	57,62±0,13	51,0–135,5	2580	87,01±0,45
94,0–1478,5	2774	175,42±0,29	136,0–1478,5	2310	240,59±1,7

В структуре суммарных доз, полученных ликвидаторами последствий аварии на ЧАЭС при работе в 30-км зоне и в процессе профессиональной деятельности, 48 % составляют дозы до 100 мЗв, 6 % ликвидаторов имеют дозы, превышающие 500 мЗв.

Коллективная доза внешнего облучения составила 898201,56 мЗв (доза ЧАЭС – 700536,2 мЗв, доза профессионального облучения – 197675,36 мЗв).

В качестве статистической модели заболеваемости используется Пуассоновский процесс с параметром интенсивности, где λ – фоновая интенсивность заболеваний в отсутствии дозового фактора, а RR – относительный риск, зависящий от дозы, которая накапливается с течением времени. Величину относительного риска RR по наблюдаемым данным будем определять методом максимального правдоподобия. Для RR используется параметрическое представление, линейное по параметрам:

$$RR=1+ERR \times D(t), \quad (1)$$

где $D(t)$ – наблюдаемое значение дозы внешнего облучения, накопленной к моменту t , ERR – избыточный относительный риск, требующий оценки.

Пусть вероятность индивидуума остаться здоровым на интервале времени $(0, t)$, задаётся выражением:

$$S(t) = \exp(-\int \mu(t) dt), \quad (2)$$

где $\mu(t)$ – заболеваемость, зависящая от времени. $\mu(t)$ – функция, зависящая от внешних причин, таких как, например, накопленная организмом доза ионизирующего облучения.

Если заболеваемость линейно зависит от накопленной дозы $D(t)$:

$$\mu(t) = \lambda \times (1 + ERR \times D(t)), \quad (3)$$

где ERR – избыточный относительный риск на единицу дозы, λ – фоновая заболеваемость в определённой группе индивидуумов.

Логарифмическая функция правдоподобия запишется в следующем виде:

$$I = \sum (1 + b \times D) \times t + \sum \ln(1 + b \times D), \quad (4)$$

где t – индивидуальные времена наблюдения “под риском”, b – избыточный относительный риск (ERR).

В этом случае для максимизации правдоподобия и оценки избыточного относительного риска b нужно найти b из уравнения:

$$1/m \sum D / (1 + b \times D) = \langle D \rangle / (1 + b \times \langle D \rangle) \quad (5)$$

где D – дозы для случаев заболеваний, $\langle D \rangle$ – взвешенная средняя доза для всей когорты, с весом индивидуальных времен наблюдения.

Левая часть равенства представляет собой простое эмпирическое среднее нелинейной функции от дозы, вычисленное только по “случаям”, в то время как операторы усреднения в правой части равенства вычислены по всем наблюдаемым лицам.

Как следует из структуры нормального уравнения (5), относительный риск от дозового фактора может превышать единицу ($RR > 1$), когда определённые таким образом средние дозы по случаям заболеваний превышают средние дозы по здоровым лицам, бывшим под наблюдением (отношение доз $r > 1$) [13, 14].

Коэффициент отношения – заболеваемость СД2 мужчин, делённая на заболеваемость СД2 женщин.

Избыточный относительный риск – разность числа наблюдаемых и ожидаемых заболеваний, отнесённая к числу ожидаемых событий заболеваний минимального изучаемого фактора воздействия.

Результаты

Среди ликвидаторов последствий аварии на Чернобыльской АЭС за период наблюдения зарегистрировано 694 больных СД2 (E11–E11.9) (мужчин – 572, женщин – 122).

Средний возраст больного СД2 при регистрации заболевания составил 60,1 лет (мужчины – 59,2 лет, женщины – 64,3 года).

СД2 – болезнь взрослого и пожилого возраста. Наибольший удельный вес этой патологии в возрастной структуре заболевших у ликвидаторов последствий аварии на Чернобыльской АЭС приходится на возрастную группу 60 лет и старше – 75,9 % (мужчины – 73,1 %, женщины – 89,3 %) (табл. 4).

Таблица 4

Распределение числа больных СД2 ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС по полу, возрастным группам за 1988–2017 гг. и их структура**Distribution of patients with T2DM by gender, age group for 1988–2017 and their structure**

Возрастные группы	Пол					
	оба пола		мужчины		женщины	
	число больных	уд. вес %	число больных	уд. вес %	число больных	уд. вес %
18–29	0	0,00	0	0,00	0	0,00
30–39	1	0,14	1	0,17	0	0,00
40–49	7	1,01	6	1,05	1	0,82
50–59	159	22,91	147	25,70	12	9,84
60–69	302	43,52	266	46,50	36	29,50
70+	225	32,42	152	26,57	73	59,84
Всего:	694	100,00	572	100,00	122	100,00

Распределение заболеваемости СД2 ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС по полу и возрастным группам за 1988–2017 гг. представлено в табл. 5. Отмечены постоянный рост заболеваемости по возрастным группам и резкий рост с группы 50–59 лет. В возрастной группе 40–49 лет заболеваемость СД2 у мужчин и

Таблица 5

Заболеваемость СД2 ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС по полу и возрастным группам за 1988–2017 гг. (на 1000 чел./лет), коэффициент соотношения мужчины/женщины

Incidence of T2DM among Chernobyl NPP accident liquidators by gender and age group for 1988–2017 (per 1000 people/years), male/female ratio

Возрастные группы	Заболеваемость по полу			К отношения М/Ж
	оба пола	мужчины	женщины	
18–29	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0
30–39	0,05 ± 0,03	0,04 ± 0,03	0,0 ± 0,0	0,0
40–49	0,8 ± 0,1	0,8 ± 0,1	0,8 ± 0,3	1,0
50–59	2,7 ± 0,2	2,9 ± 0,2	1,8 ± 0,3	1,6
60–69	4,1 ± 0,3	4,0 ± 0,3	4,3 ± 0,6	0,9
70+	6,3 ± 0,6	5,5 ± 0,6	8,3 ± 1,2	0,7
Всего:	2,1 ± 0,1	2,0 ± 0,1	2,5 ± 0,2	0,8

женщин одинакова, в группе 50–59 лет – заболеваемость мужчин превышает таковую женщин, а начиная с возрастной группы 60–69 лет, заболеваемость женщин стала превышать заболеваемость мужчин.

Средний возраст ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС на момент взятия на учёт с диагнозом СД2 за 1997–2018 гг. составил 66,3 лет (мужчины – 65,2 лет, женщины – 71,1 лет).

Многолетняя заболеваемость СД2 у женщин составляет $2,5 \pm 0,2$ (табл. 8). Первые случаи стали выявляться в 1998–2002 гг. $1,7 \pm 0,4$; в 2013–2017 гг. заболеваемость достигла максимальных значений за все время наблюдения – $8,3 \pm 1,1$. Частота выявленных случаев увеличивается с 40–49 лет – $0,8 \pm 0,3$ до возрастной категории старше 70 лет – $8,3 \pm 1,2$.

Таблица 6

Динамика заболеваемости СД2 ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС в 1988–2017 гг., мужчин и женщин (на 1000 чел./лет), по возрастным группам и циклам исследования

Dynamics of T2DM incidence among Chernobyl NPP accident liquidators in 1988–2017, men and women (per 1000 people/year), by age group and study cycle

Возрастные группы	Циклы исследования, года						
	1988–2017	1988–1992	1993–1997	1998–2002	2003–2007	2008–2012	2013–2017
Все	2,1 ± 0,1	0,03 ± 0,02	0,01 ± 0,01	1,3 ± 0,1	2,6 ± 0,2	4,1 ± 0,3	7,4 ± 0,4
18–29	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0
30–39	0,05 ± 0,03	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,2 ± 0,2	0,0 ± 0,0	26,3 ± 26,0	0,0 ± 0,0
40–49	0,8 ± 0,1	0,05 ± 0,05	0,0 ± 0,0	0,9 ± 0,2	1,7 ± 0,3	2,3 ± 0,6	3,7 ± 1,7
50–59	2,7 ± 0,2	0,1 ± 0,1	0,0 ± 0,0	2,0 ± 0,3	3,6 ± 0,4	3,8 ± 0,4	5,8 ± 0,6
60–69	4,1 ± 0,3	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	1,9 ± 0,4	2,7 ± 0,5	5,6 ± 0,7	7,2 ± 0,7
70+	6,3 ± 0,6	0,0 ± 0,0	2,1 ± 2,1	3,2 ± 1,4	2,3 ± 0,8	3,9 ± 0,7	11,3 ± 1,2

Таблица 7

Динамика заболеваемости СД2 ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС в 1988–2017 гг., мужчин (на 1000 чел./лет), по возрастным группам и циклам исследования

Dynamics of T2DM incidence among Chernobyl NPP accident liquidators in 1988–2017, men (per 1000), by age groups and study cycles

Возрастные группы	Циклы исследования, года						
	1988–2017	1988–1992	1993–1997	1998–2002	2003–2007	2008–2012	2013–2017
Все	2,0 ± 0,1	0,03 ± 0,02	0,02 ± 0,02	1,3 ± 0,2	2,5 ± 0,2	3,9 ± 0,3	7,0 ± 0,5
18–29	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0
30–39	0,04 ± 0,03	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,3 ± 0,2	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0
40–49	0,8 ± 0,1	0,1 ± 0,1	0,0 ± 0,0	1,0 ± 0,2	1,6 ± 0,3	2,1 ± 0,6	2,8 ± 1,6
50–59	2,9 ± 0,2	0,1 ± 0,1	0,0 ± 0,0	1,8 ± 0,3	3,6 ± 0,4	3,8 ± 0,5	6,2 ± 0,7
60–69	4,0 ± 0,3	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	1,6 ± 0,4	2,5 ± 0,5	5,4 ± 0,7	7,0 ± 0,7
70+	5,5 ± 0,6	0,0 ± 0,0	2,8 ± 2,8	3,9 ± 1,7	1,8 ± 0,8	3,5 ± 0,8	9,8 ± 1,3

Таблица 8

Динамика заболеваемости СД2 ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС в 1988–2017 гг. женщин (на 1000 чел./лет), по возрастным группам и циклам исследования

Dynamics of T2DM incidence among women liquidators of the Chernobyl accident consequences in 1988–2017 (per 1000 people/year), by age groups and study cycles

Возрастные группы	Циклы исследования, года						
	1988–2017	1988–1992	1993–1997	1998–2002	2003–2007	2008–2012	2013–2017
Все	2,5 ± 0,2	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	1,7 ± 0,4	2,9 ± 0,6	4,6 ± 0,8	8,3 ± 1,1
18–29	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0
30–39	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0
40–49	0,8 ± 0,3	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,4 ± 0,4	1,6 ± 0,9	3,7 ± 1,9	5,8 ± 4,1
50–59	1,8 ± 0,3	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	2,9 ± 1,0	3,1 ± 1,1	3,1 ± 1,2	1,8 ± 1,1
60–69	4,3 ± 0,6	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	2,8 ± 1,1	3,7 ± 1,2	6,5 ± 1,7	7,2 ± 1,8
70+	8,3 ± 1,2	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	4,0 ± 2,3	4,6 ± 1,5	14,3 ± 2,5

В табл. 9 представлено значение фактора возраста и дозы внешнего облучения (ДВО) для лиц, имеющих диагноз СД2 и здоровых.

Таблица 9

Среднее значение некоторых показателей больных СД2 и здоровых ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС

Average value of some indices of patients with T2DM and healthy liquidators of the Chernobyl accident consequences

Статус	Средний возраст	Среднее значение ДВО	Среднее значение ДВО+проф.	Число лиц
Больные СД2	58,9	53,7	77,1	379
Здоровые	55	55,3	70,4	12269

Средние значения всех трех показателей незначимо разнятся по величине ($p>0,05$).

В табл. 10 приведены результаты расчёта избыточного относительного риска для сахарного диабета как для дозы, полученной при работах по ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС, так и для суммарной дозы. Дозовый отклик имеет место только для показателя суммарной дозы. Однако он недостоверен.

Таблица 10

Избыточный относительный риск (ERR/Sv) для диагноза СД2

Excess relative risk (ERR/Sv) for a diagnosis of T2DM

Наименование диагноза	ERR/Sv (ДВО)	ERR/Sv (ДВО + проф.)
Сахарный диабет (E11-E11.9) Diabetes mellitus (E11-E11.9)	-0,15 [-1,48; 1,17]	0,16 [-0,78; 1,11]

Обсуждение

Результаты проведенного анализа в целом соответствуют существующим на данный момент времени представлениям о медицинских последствиях аварии на ЧАЭС. Патология эндокринной системы является ведущим патогномическим симптомокомплексом после-чернобыльской клиники внутренних болезней.

Заболеваемость СД2 ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС превышает таковую населения РФ [2], и это положение должно явиться важным приоритетом систем здравоохранения ФМБА России.

В исследовании [13] показано наличие риска заболевания СД при облучении поджелудочной железы в большой поглощённой дозе. В нашей работе получено незначимое увеличение избыточного риска на 1 Зв только при суммарной дозе облучения. Эти результаты можно считать предварительными, корректные оценки радиационного риска могут быть получены только после сбора суммарной дозы от всех видов облучения (профессионального, аварийного, медицинского, природного).

Выводы

1. СД2 является болезнью пожилых. Средний возраст мужчин ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС заболевших СД2 составил 65,2 лет, женщин – 71,1 лет.
2. Женщины, ликвидаторы последствий аварии на ЧАЭС, страдают СД2 чаще мужчин. Коэффициент отношения М/Ж составил 0,8.
3. Дозы от различных видов облучения, используемых в исследовании, дают показатели ERR/Sv, отличающиеся друг от друга при СД2.
4. Избыточный риск (незначимый) на единицу дозы имеет место только для случая суммарной дозы чернобыльского и профессионального облучения.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Дедов И.И. Сахарный диабет – опаснейший вызов мировому сообществу // Вестник РАМН. 2012. № 1. С. 7–13.
2. Дедов И.И., Шестакова М.В., Сунцов Ю.И. и др. Результаты реализации подпрограммы «Сахарный диабет» Федеральной целевой программы «Предупреждение и борьба с социально значимыми заболеваниями 2007–2012 годы» // Сахарный диабет. 2013. Т.16, № 2S. С. 2–48.
3. IDF Diabetes Atlas. Brussels, Belgium: International Diabetes Federation, 2015. URL: <http://www.diabetesatlas.org/>.
4. Маслова О.В., Сунцов Ю.И. Эпидемиология сахарного диабета и микрососудистых осложнений // Сахарный диабет. 2011. № 3. С. 6–12.
5. American Diabetes Association. Economic Costs of Diabetes in the U.S. in 2012 // Diabetes Care. 2013. V.36, No. 4. P. 1033–1046.
6. Дедов И.И. Алгоритмы специализированной медицинской помощи больным сахарным диабетом / Под ред. Дедова И.И., Шестаковой М.В. М., 2015. С. 112.
7. Вологодская И.А., Фомин Е.А., Ковин А.И. Совершенствование системы медицинского наблюдения за работниками предприятий атомной промышленности // Медицина целевые проекты. 2014. № 19. С. 35–37.
8. Vologodskaya I.A., Kurbatov A.V., Grigorieva E.S. Predisposition to Multifactorial Pathology in Residents of the City in the Zone Around the «Maiak» Atomic Industry Enterprise // Radiats. Biol. Radioecol. 2002. V.42, No. 6. P. 690–692.
9. Пищулина А.В., Иванов А.Г., Белякова Н.А. Особенности заболеваемости работающих на предприятии атомной энергетики // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. 2013. № 1. С. 18–21.
10. Florent de Vathaire, Chiraz El-Fayech, Faten Fedhila Ben Ayed, et. al. Radiation Dose to the Pancreas and Risk of Diabetes Mellitus in Childhood Cancer Survivors: a Retrospective Cohort Study // Lancet Oncol. 2012. V.13, No. 10. P. 1002–1010. doi: 10.1016/S1470-2045(12)70323-6.
11. A van Nimwegen F., Schaapveld M., Janus C.P.M., et. al. Risk of Diabetes Mellitus in Long-Term Survivors of Hodgkin Lymphoma // J. Clin. Oncol. 2014. V.32, No. 296. P. 3257–3263. doi: 10.1200/JCO.2013.54.4379.
12. Meacham L.R., Sklar C.A., Li S., et. al. Diabetes Mellitus in long-term Survivors of Childhood Cancer. Increased Risk Associated with Radiation Therapy: a Report for the Childhood Cancer Survivor Study // Arch. Intern. Med. 2009. V.169, No. 15. P. 1381–1388. doi: 10.1001/archinternmed.2009.209.
13. Breslow N.E., Day N.E. Statistical Methods in Cancer Research. Vol. I. The Analysis of Case-Control Studies. IARC Scientific Publication No. 32. Lyon, IARC, 1980.
14. Preston D.L., Lubin D.B., Pierce D.A., McConney M.E. Epicure Users Guide. Seattle, WA, Hirosoft International Corporation, 1993. 330 p.

REFERENCES

1. Dedov I.I. Diabetes Mellitus – the Most Dangerous Challenge to the World Community. *Vestnik Rossiiskoy Akademii Meditsinskikh Nauk* = Annals of the Russian Academy of Medical Sciences. 2012;1:7-13 (In Russ.).
2. Dedov I.I., Shestakova M.V., Suntsov Yu.I., et al. Federal Targeted Programme ‘Prevention and Management of Socially Significant Diseases (2007-2012)’: Results of the ‘Diabetes Mellitus’ Sub-Programme. *Sakharnyy Diabet* = Diabetes Mellitus. 2013;16:2S:2-48 (In Russ.).
3. IDF Diabetes Atlas. Brussels, Belgium, International Diabetes Federation, 2015. URL: <http://www.diabetesatlas.org/>.
4. Maslova O.V., Suntsov Yu.I. Epidemiology of Diabetes Mellitus and Microvascular Complications. *Sakharnyy Diabet* = Diabetes Mellitus. 2011;3:6-12 (In Russ.).
5. American Diabetes Association. Economic Costs of Diabetes in the U.S. in 2012. *Diabetes Care*. 2013;36:4:1033–1046.
6. Dedov I.I. Algorithms of Specialized Medical Care Patients with Diabetes. Ed. Dedov I.I., Shestakova M.V. Moscow Publ., 2015. P. 7-112 (In Russ.).
7. Vologodskaya I.A., Fomin E.A., Kovin A.I. Improving the Medical Monitoring System for Employees of the Nuclear Industry Enterprises. *Medsina: Tselevyye Proyeckty*. 2014;19:35-37 (In Russ.).
8. Vologodskaya I.A., Kurbatov A.V., Grigor’eva E.S. Predisposition to Multifactorial Pathology in Residents of the City in the Zone Around the “Maiak” Atomic Industry Enterprise. *Radiats. Biol. Radioecol.* 2002;42;6:690-692.
9. Pishhugina A.V., Ivanov A.G., Belyakova N.A. Features of the Incidence of Nuclear Energy Operating at the Enterprise. *Problemy Sotsialnoy Gigieny, Zdravookhraneniya i Istorii Meditsiny* = Problems of Social Hygiene, Public Health and History of Medicine. 2013;1:18-21 (In Russ.).
10. Florent de Vathaire, Chiraz El-Fayech, Faten Fedhila Ben Ayed, et. al. Radiation Dose to the Pancreas and Risk of Diabetes Mellitus in Childhood Cancer Survivors: a Retrospective Cohort Study. *Lancet Oncol.* 2012;13;10:1002-1010. doi: 10.1016/S1470-2045(12)70323-6.
11. A van Nimwegen F., Schaapveld M., Janus C.P.M., et. al. Risk of Diabetes Mellitus in Long-Term Survivors of Hodgkin Lymphoma. *J. Clin. Oncol.* 2014;32;296:3257-3263. doi: 10.1200/JCO.2013.54.4379.
12. Meacham L.R., Sklar C.A., Li S., et. al. Diabetes Mellitus in long-term Survivors of Childhood Cancer. Increased Risk Associated with Radiation Therapy: a Report for the Childhood Cancer Survivor Study. *Arch. Intern. Med.* 2009;169;15:1381-1388. doi: 10.1001/archinternmed. 2009. 209.
13. Breslow N.E., Day N.E. Statistical Methods in Cancer Research. V. I. The Analysis of Case-Control Studies. IARC Scientific Publication No. 32. Lyon, IARC, 1980.
14. Preston D.L., Lubin D.B., Pierce D.A., McConney M.E. *Epidemiology Users Guide*. Seattle, WA, Hirosoft Inter-National Corporation, 1993. 330 p.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Работа проведена в рамках выполнения Госзаказа.

Участие авторов. Статья подготовлена с равным участием авторов.

Поступила: 20.07.2023. Принята к публикации: 27.08.2023.

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

Financing. The work was carried out as part of the implementation of the State Order.

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

Article received: 20.07.2023. Accepted for publication: 27.08.2023.