

DOI: 10.21294/1814-4861-2021-20-5-5-17  
УДК: 616-006.04-036.22

Для цитирования: *Калинкин Д.Е., Тахауов Р.М., Мильто И.В., Карпов А.Б., Тахауова Л.Р., Жуйкова Л.Д., Ананина О.А.* Анализ заболеваемости злокачественными новообразованиями персонала Сибирского химического комбината. Сибирский онкологический журнал. 2021; 20(5): 5–17. – doi: 10.21294/1814-4861-2021-20-5-5-17  
For citation: *Kalinkin D.E., Takhaouov R.M., Milto I.V., Karpov A.B., Takhaouova L.R., Zhuikova L.D., Ananina O.A.* Analysis of cancer incidence among employees of Siberian group of chemical enterprises. Siberian Journal of Oncology. 2021; 20(5): 5–17. – doi: 10.21294/1814-4861-2021-20-5-5-17

## АНАЛИЗ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫМИ НОВООБРАЗОВАНИЯМИ ПЕРСОНАЛА СИБИРСКОГО ХИМИЧЕСКОГО КОМБИНАТА

**Д.Е. Калинкин<sup>1 2</sup>, Р.М. Тахауов<sup>1 2</sup>, И.В. Мильто<sup>1 2</sup>, А.Б. Карпов<sup>2</sup>,  
Л.Р. Тахауова<sup>1</sup>, Л.Д. Жуйкова<sup>3</sup>, О.А. Ананина<sup>3</sup>**

ФГУП «Северский биофизический научный центр» ФМБА России, г. Северск, Россия<sup>1</sup>  
Россия, 636039, г. Северск, пр. Коммунистический, 87.

E-mail: mail@sbrc.seversk.ru, kalinkin750@gmail.com<sup>1</sup>

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» Минздрава России,  
г. Томск, Россия<sup>2</sup>

Россия, 634050, г. Томск, Московский тракт, 2<sup>2</sup>

Научно-исследовательский институт онкологии, Томский национальный  
исследовательский медицинский центр Российской академии наук, г. Томск, Россия<sup>3</sup>  
Россия, 634009, г. Томск, пер. Кооперативный, 5<sup>3</sup>

### Аннотация

**Актуальность.** Одним из основных направлений научного сопровождения работ в области обеспечения радиационной безопасности при ликвидации ядерного наследия является оценка радиационных эффектов у персонала предприятий атомной отрасли и наиболее значимых радиогенных рисков у работников этих предприятий и их потомков. **Цель исследования** – анализ заболеваемости злокачественными новообразованиями персонала Сибирского химического комбината, подвергавшегося воздействию ионизирующего излучения в процессе профессиональной деятельности. **Материал и методы.** Фактические показатели и стандартизованные ожидаемые риски возникновения злокачественных новообразований среди персонала Сибирского химического комбината, подвергавшегося воздействию ионизирующего излучения в процессе профессиональной деятельности, рассчитаны с применением общепринятых методов на основании сведений регионального медико-дозиметрического регистра, содержащего уточненные данные обо всех работниках Сибирского химического комбината, заболевших злокачественными новообразованиями в период с 01.01.1950 по 31.12.2015 включительно. В качестве группы контроля взяты сотрудники Сибирского химического комбината, работавшие вне контакта с ионизирующим излучением. **Результаты.** Среди мужского персонала Сибирского химического комбината наибольшей была заболеваемость злокачественными новообразованиями органов пищеварения, дыхания, кожи (включая меланому) среди лиц в возрасте 50–59 и 70–79 лет. Среди женщин наибольшей была заболеваемость в возрастной группе 40–49 лет; первые три места принадлежали злокачественным новообразованиям органов пищеварения, молочной железы и половых органов. Онкологическая заболеваемость персонала Сибирского химического комбината, работавшего в контакте с источниками ионизирующего излучения, не превышала значений аналогичных показателей в группе контроля. Средний возраст выявления злокачественных новообразований среди мужчин, подвергавшихся профессиональному техногенному облучению, был статистически значимо меньше, чем у мужчин из группы контроля. Среди женщин статистически значимое различие возраста выявления заболевания было установлено лишь в отношении злокачественных новообразований кожи. Как среди мужского, так и среди женского персонала Сибирского химического комбината, работавших в контакте

с ионизирующим излучением, был выявлен повышенный риск возникновения злокачественных новообразований ряда локализаций (в отдельных интервалах накопленной дозы внешнего облучения), а именно: среди мужчин – злокачественных новообразований мезотелия и мягких тканей, мужских половых органов, глаз и головного мозга, а также опухолей первично-множественной локализации; среди женщин – губы, полости рта и глотки, органов пищеварения, дыхания, кожи (включая меланому), мезотелия и мягких тканей, молочной железы, мочевыводящих путей, глаз и головного мозга, лимфатической и кроветворной тканей, а также первично-множественных злокачественных новообразований.

**Заключение.** Данные, полученные в результате настоящего исследования, позволят определить основные направления оценки рисков для здоровья персонала радиационно опасных объектов (в том числе на участках по выводу их из эксплуатации) и формирования комплекса мероприятий, направленных на совершенствование системы охраны и улучшения здоровья работников радиационно опасных предприятий и продление их трудового долголетия.

**Ключевые слова:** злокачественные новообразования, персонал радиационно опасного производства, заболеваемость.

## ANALYSIS OF CANCER INCIDENCE AMONG EMPLOYEES OF SIBERIAN GROUP OF CHEMICAL ENTERPRISES

D.E. Kalinkin<sup>1,2</sup>, R.M. Takhauov<sup>1,2</sup>, I.V. Milto<sup>1,2</sup>, A.B. Karpov<sup>2</sup>, L.R. Takhauova<sup>1</sup>, L.D. Zhuikova<sup>3</sup>, O.A. Ananina<sup>3</sup>

Seversk Biophysical Research Center of the FMBA of Russia, Seversk, Russia<sup>1</sup>

87, Kommunistichesky av., 636039, Seversk, Russia.

E-mail: mail@sbrc.seversk.ru, kalinkin750@gmail.com<sup>1</sup>

Siberian State Medical University, Tomsk, Russia<sup>2</sup>

2, Moskovsky tr., 634050, Tomsk, Russia<sup>2</sup>

Cancer Research Institute, Tomsk National Research Medical Center,

Russian Academy of Sciences, Tomsk, Russia<sup>3</sup>

5, Kooperativny Street, 634009, Tomsk, Russia<sup>3</sup>

### Abstract

**Background.** One of the main directions in the field of ensuring radiation safety of “nuclear legacy” facilities is the assessment of radiation effects and most significant radiogenic risks in employees of nuclear enterprises and their descendants. **Objective.** Analysis of the cancer incidence among employees of the Siberian Group of Chemical Enterprises (SGCE) exposed to ionizing radiation in the course of their professional activities. **Material and Methods.** The actual values and standardized estimated risks of developing cancer among the SGCE workers occupationally exposed to ionizing radiation were calculated using generally accepted methods based on the information of the regional medical dosimetry registry of Seversk Biophysical Research Center of FMBA, containing updated data on all SGCE employees diagnosed with cancer (period from 01.01.1950 to 31.12.2015 inclusive). The control group consisted of workers who were not occupationally exposed to ionizing radiation. **Results.** Among the male personnel of the SGCE, the highest incidence of cancer of the digestive, respiratory, and skin organs (including melanoma) was observed in patients aged 50–59 and 70–79 years. Among the female workers, the highest cancer incidence was in the age group 40–49 years; cancer of the gastrointestinal tract, genital tract and breast was the most common. The cancer incidence rate in the SGCE workers who occupationally exposed to ionizing radiation was not higher than that observed in the control group. The median age of male cancer patients occupationally exposed to ionizing radiation was significantly lower than the median age of male cancer patients of the control group. In female cancer patients, a significant difference in the median age of cancer diagnosis was found only in relation to skin cancer. Both male and female SGCE personnel occupationally exposed to ionizing radiation was at high risk of certain cancers: among male patients – cancer of the mesothelium and soft tissues, genital organs, eyes and brain, as well as multiple primary tumors; among female patients – cancer of lips, oral cavity, pharynx, digestive system, respiratory system, skin (including melanoma), mesothelium, soft tissues, breast, urinary tract, lymphatic and hematopoietic tissues, as well as multiple primary tumors. **Conclusion.** The data obtained will allow determination of the main directions for assessing the health risks of personnel of radiation hazardous facilities and the formation of a set of measures aimed at improving the system of protection and improving the health of workers at radiation hazardous enterprises and the extension of their working longevity.

**Key words:** malignant neoplasms, personnel of radiation hazardous plant, morbidity.

## Введение

Энергетическая стабильность, заключающаяся в обеспечении непрерывного и надежного снабжения энергией промышленных объектов, является основой государственной безопасности, а поиск новых источников энергии является необходимым ее элементом. Не вызывает сомнений тот факт, что ядерная энергия, и в настоящее время играющая важную роль в обеспечении энергетической стабильности государства, в будущем займет лидирующую позицию среди других источников (в частности, ископаемых углеводородов).

Эффективность использования источника энергии определяется, в первую очередь, технологией ее извлечения. Опыт промышленного использования ядерной энергии насчитывает более полувека, а на протяжении столь продолжительного отрезка времени изменение технологии неизбежно. В связи с этим встает вопрос о безопасном прекращении использования устаревших технологий и ликвидации ядерного наследия прежних этапов развития атомной отрасли. В свою очередь, разработка алгоритма безопасного вывода из эксплуатации устаревших технологий напрямую зависит от результатов исследования безопасности их использования.

Негативные последствия радиационных аварий и применения ядерного оружия породили в обществе убежденность в повышенной опасности радиационного воздействия на организм человека, прежде всего, с точки зрения способности индуцировать развитие злокачественных новообразований (ЗНО) [1]. Результаты исследований риска заболевания и смерти вследствие ЗНО среди лиц, работающих в условиях техногенного облучения, неоднозначны. Ряду авторов удалось выявить повышенный относительный риск смерти вследствие солидных раков среди персонала предприятий атомной индустрии [2–4]. Другие ученые в результате выполненных исследований не нашли подтверждения данного факта [5–7]. Таким образом, одним из направлений научно-методического сопровождения работ в области обеспечения радиационной безопасности при ликвидации ядерного наследия является оценка радиационных эффектов у персонала предприятий атомной отрасли и наиболее значимых радиогенных рисков (прежде всего, ЗНО) у работников этих предприятий и их потомков.

Северским биофизическим научным центром ФМБА России с момента его организации в 2000 г. проводится комплексное изучение эффектов длительного радиационного воздействия на организм человека с применением системного подхода, предусматривающего выполнение исследований на различных уровнях: от молекулярного и клеточного до популяционного. На протяжении последних пяти лет проводится масштабное исследование показателей, характеризующих со-

стояние здоровья изучаемой популяции, а также основных факторов риска (ФР), определяющих тенденции заболеваемости и смертности, с целью формирования современной стратегии охраны и улучшения здоровья персонала предприятий атомной отрасли и населения, проживающего в зоне их воздействия.

**Целью исследования** явился анализ заболеваемости ЗНО среди персонала предприятия атомной индустрии, подвергающегося воздействию ионизирующего излучения (ИИ) в процессе профессиональной деятельности.

## Материал и методы

Объектом настоящего исследования являлся персонал до недавнего времени крупнейшего в мире комплекса предприятий атомной индустрии – Сибирского химического комбината (СХК), функционирующего с 1952 г. Значительная часть персонала СХК в процессе профессиональной деятельности подвергается воздействию долговременного техногенного внешнего облучения низкой интенсивности (до 100 мЗв).

СХК является градообразующим предприятием для закрытого административно-территориального образования (ЗАТО) Северск, расположенного вблизи областного центра (г. Томск). Население ЗАТО Северск насчитывает около 110 000 человек. Медицинская помощь населению ЗАТО Северск оказывается одной медицинской организацией – Северной клинической больницей Сибирского федерального научно-клинического центра ФМБА России (СКБ).

Предметом настоящего исследования служили заболеваемость ЗНО и стандартизованный относительный риск (СОР) заболевания ЗНО персонала СХК. Источником информации для расчета показателей онкологической заболеваемости персонала СХК служил тематический регистр «Онкологические заболевания» регионального медико-дозиметрического регистра населения ЗАТО Северск и персонала СХК (РМДР), содержащий уточненные данные обо всех работниках СХК, заболевших ЗНО в период с 01.01.1950 по 31.12.2015 включительно.

РМДР представляет собой постоянно действующую и пополняемую электронную базу данных, вследствие чего является эффективным инструментом для реализации эпидемиологических подходов к оценке эффектов воздействия ИИ. В базе данных РМДР содержится информация относительно всех действующих и бывших работников СХК (около 65 000 человек): паспортные данные, сведения о характере профессиональной деятельности, виде профессионального облучения, методах измерения и динамике накопления индивидуальных доз внешнего облучения, содержании радионуклидов в организме, причинах смерти, наиболее значимых заболеваниях, вредных привычках.

Основным источником информации о работниках служили индивидуальные карточки (ф. Т-2) сектора учета отдела кадров СХК, содержащие сведения о дате рождения и трудоустройства, месте работы, профессии, переводе с одного предприятия на другое. Данные об индивидуальных дозах  $\gamma$ -излучения, измеренных с помощью фотопленочных и термолюминесцентных дозиметров, были получены в отделе охраны труда, ядерной и радиационной безопасности СХК.

Персонал СХК трудится на предприятиях основного производства – реакторном, радиохимическом, химико-металлургическом, сублиматном заводах и заводе разделения изотопов, а также вспомогательного производства – ремонтно-механическом заводе и теплоэлектроцентрали. Работники основных производств составляют 52,6 % всего персонала СХК. Соотношение мужчин и женщин на основном и вспомогательном производствах СХК составляет 3,9:1 и 2,2:1 соответственно.

На различных производствах СХК удельный вес работников, контролируемых по внешнему  $\gamma$ -излучению, различается с учетом специфики производственного процесса и используемых технологий и оборудования. На реакторном и радиохимическом заводах более 70 % работников имеют данные индивидуальной дозиметрии. На химико-металлургическом, сублиматном заводах и заводе разделения изотопов около 41 % работников состоят на индивидуальном дозиметрическом контроле. Подавляющее большинство работников, подвергавшихся воздействию  $\gamma$ -излучения, имеют суммарную дозу внешнего облучения (СДВО) в пределах от 0 до 200 мЗв.

Анализировались все случаи заболевания и смерти вследствие ЗНО среди персонала СХК в период с 01.01.1970 по 31.12.2015 включительно. Начало периода исследования выбрано в связи с тем, что до 1970 г. практически невозможно получить точные данные относительно численности и половозрастного распределения населения ЗАТО Северск. Кроме того, принимая во внимание возраст большинства жителей ЗАТО Северск до 1970 г. (основную массу приехавших для строительства СХК и ЗАТО Северск составляли молодые люди 20–25 лет), число умерших вследствие ЗНО среди населения города до 1970 г. было незначительным. Удельный вес лиц, умерших вследствие ЗНО до 1970 г., составлял всего 4,1 % (85 человек, из них 62 мужчины и 23 женщины). Из них 44,7 % составляли лица в возрасте 50 лет и старше. Только у 5 из 85 умерших (5,8 %, все мужчины) были зарегистрированы дозовые нагрузки по внешнему облучению. При этом только у 2 из них дозы облучения составляли 179,5 и 187,8 мЗв (причиной смерти в обоих случаях явился генерализованный рак желудка). У остальных умерших дозовые нагрузки были на порядок меньше. Среди умерших от рака до 1970 г. 69 % были работниками вспомо-

гательного производства СХК, профессиональная деятельность которых не была связана с воздействием техногенного облучения.

Материал исследования был тщательно верифицирован по числу первичных случаев заболевания, возникших у работников СХК в исследуемый период. Для сбора информации использовали все доступные медицинские документы СКБ: извещения о больном с впервые выявленным диагнозом ЗНО (ф. 090/у), амбулаторные карты (ф. 025-у), карты выбывших из стационара (ф. 066-у), истории болезни (ф. 003-у), статистические талоны (ф. 025-2у), протоколы патологоанатомических исследований, акты судебно-медицинских вскрытий и журналы регистрации случаев смерти городского ЗАГСа. Изучались документы медицинских организаций областного центра (г. Томск), в котором действуют областной онкологический диспансер и НИИ онкологии Томского НИМЦ (амбулаторные карты, учетные карты онкологических больных, журналы клинической лаборатории, протоколы патологоанатомических вскрытий, журналы биопсийных и цитологических исследований). Для верификации диагнозов изучались архивные лабораторные материалы (гистологические препараты).

Уровень и риск онкологической заболеваемости среди персонала СХК рассчитывались на основании базы данных РМДР. Персонал основного производства в процессе профессиональной деятельности подвергается внешнему, внутреннему или сочетанному облучению.

Кроме данных о количестве заболевших при оценке риска онкологической заболеваемости персонала СХК использовалась информация о количестве человеко-лет, накопленных в исследуемой когорте за весь период наблюдения (ЧЛН) (табл. 1).

Поскольку РМДР содержит информацию о жизненном статусе каждого работника СХК, был произведен расчет количества ЧЛН для каждого человека. При расчете использовались следующие критерии: датой начала периода наблюдения для работников СХК являлась дата найма на работу; датой окончания периода наблюдения являлась: для живых – 31.12.2015; для умерших работников СХК – дата смерти, для лиц с неизвестным жизненным статусом (потерянным из-под наблюдения) – дата последнего известия о человеке (дата увольнения с СХК, дата выезда из ЗАТО Северск на другое место жительства; информация из адресного стола или от родственников о том, что человек жив на дату запроса и т. д.).

Расчет показателей онкологической заболеваемости производился в соответствии с общепринятыми методиками [9, 10]. Показатели онкологической заболеваемости персонала СХК рассчитывались на основании сведений о количестве ЧЛН. Также проводили расчет коэффициентов СОР заболеваемости ЗНО среди персонала СХК, который представляет собой стандартизованное по возрасту отношение фактических данных к ожидаемым [11].

Таблица 1/Table 1

Распределение количества ЧЛН изучаемой когорты персонала СХК в зависимости от возраста

Distribution of the number of person-years of observation in the cohort of personal of Siberian Chemical Plant depending on the age

Возраст (годы)/ Age (years)	Пол/Sex		
	Мужчины/ Males	Женщины/ Females	Оба пола/ Both sexes
15–19	24 392,56	3 303,29	27 695,85
20–24	105 092,70	21 863,89	126 956,59
25–29	143 825,74	40 648,15	184 473,88
30–34	150 023,08	49 828,80	199 851,88
35–39	146 654,64	53 987,65	200 642,29
40–44	138 442,96	54 997,43	193 440,39
45–49	125 800,87	52 820,31	178 621,18
50–54	110 193,46	48 719,31	158 912,78
55–59	90 368,12	42 442,20	132 810,33
60–64	68 707,28	34 707,20	103 414,48
65–69	47 642,21	26 395,71	74 037,91
70–74	29 766,55	19 033,73	48 800,28
75–79	12 444,68	11 160,79	23 605,47
80–84	3 974,59	4 673,74	8 648,33
Старше 85/ Over 85	1 196,36	1 681,05	2 877,41
Итого/Total	1 198 525,80	466 263,24	1 664 789,04

Исходными данными, необходимыми для расчета ожидаемого числа случаев заболевания, являются количество ЧЛН в изучаемой популяции, распределенное по полу и возрасту; показатели заболеваемости, принимаемые за стандарт, распределенные по полу и возрасту (Ст.). Ожидаемое количество случаев заболевания равно произведению показателя заболеваемости, принятого за стандарт, и человеко-лет в исследуемой группе для каждого возраста (если показатели, принятые за стандарт, отнесены к 10<sup>5</sup> человеко-годам, то полученное число следует разделить на 10<sup>5</sup>):

$$O_i = \frac{Ст_i \times ЧЛН_i}{10^5}, \quad (1)$$

где *i* – номер возрастного интервала.

Ожидаемое количество случаев заболевания ЗНО показывает, какое число случаев было бы, если бы возрастной состав исследуемой группы был таким же, как и в популяции, принятой за стандарт. Таким образом, можно сравнивать два числа: фактическое (*Ф*) и ожидаемое (*О*) количество случаев. Как указывалось выше, сравнение производится на основе СОР, вычисляемого по формуле:

$$COP = \frac{\Phi}{O}. \quad (2)$$

Для получения общего СОР для всех возрастов необходимо общее количество фактических случаев для всех возрастов разделить на сумму ожидаемых случаев для всех возрастов. Затем можно получить стандартизованный показатель заболеваемости, равный произведению СОР на показатель (*К*).

Кроме точечных оценок СОР для оценки достоверности избытка (недостатка) случаев заболеваемости по сравнению с популяцией, принятой за стандарт, необходимо знать границы доверительного интервала (ДИ) для СОР. В описываемых расчетах использовались следующие формулы для вычисления нижней и верхней границ 95 % ДИ [5]:

$$НГ = COP \times \left(1 - \frac{1}{9 \times \Phi} - \frac{1,96}{3 \times \sqrt{\Phi}}\right)^3; \quad (3)$$

$$ВГ = COP \times \left(1 - \frac{1}{9 \times (\Phi + 1)} + \frac{1,96}{3 \times \sqrt{\Phi + 1}}\right)^3 \times \frac{\Phi + 1}{\Phi}.$$

Считается, что заболеваемость в исследуемой группе достоверно превышает таковую в группе, принятой за стандарт, если нижняя граница ДИ для СОР больше единицы.

Принималось во внимание, что сравнение показателей заболеваемости ЗНО с данными национальной статистики является не вполне корректным вследствие так называемого эффекта здорового рабочего [2]. В данные национальной статистики входят показатели заболеваемости всего населения, включая жителей сельской местности, где уровень медицинского обеспечения традиционно ниже, чем у городского населения.

Существующая система медицинского наблюдения работников предприятий атомной отрасли (включая персонал СХК) предусматривает повышение требований к состоянию здоровья лиц, занятых на радиационно опасных производствах. В этой связи регламентирующими документами предусматривается проведение расширенного медицинского осмотра при приеме на работу и ежегодного регламентного медосмотра в течение трудовой деятельности, следствием чего может являться увеличение случаев выявления ЗНО.

В этой связи при проведении анализа, когда в качестве стандарта используются данные национальной статистики, логично ожидать получение более высоких коэффициентов СОР для персонала. Поэтому в качестве стандарта был использован «внутренний контроль» – показатели онкологической заболеваемости работников СХК, не подвергавшихся техногенному облучению, а также лиц, контролировавшихся по внешнему облучению, но имевших СДВО, равную 0 мЗв. Считалось, что риск развития заболевания в исследуемой группе

Таблица 2/Table 2

**Первичная онкологическая заболеваемость персонала СХК (на 100 000 ЧЛН)  
Primary cancer incidence among the personal of Siberian Chemical Plant  
(per 100,000 person-years of observation)**

Локализация ЗНО/ Cancer location	Пол/ Sex	Возраст (лет)/Age (years)						80 и старше/ Over 85	Всего/ Total
		20–29	30–39	40–49	50–59	60–69	70–79		
Губа, полость рта, глотка/ Lip, oral cavity, pharynx	Женщины/Females	0,0	0,0	0,0	4,3	2,5	3,5	0,0	2,7
	Мужчины/Males	0,0	3,4	11,1	12,4	7,9	7,2	0,0	8,7
	Оба пола/Both sexes	0,0	2,7	8,5	10,3	6,4	5,6	0,0	7,0
Органы пищеварения/ Digestive organs	Женщины/Females	0,0	56,7	95,1	82,5	73,7	47,7	50,9	69,7
	Мужчины/Males	2,4	31,1	68,0	83,6	74,8	72,2	76,8	68,8
	Оба пола/Both sexes	2,2	34,7	74,3	83,3	74,4	61,5	61,9	69,0
Органы дыхания/ Respiratory system	Женщины/Females	15,8	4,7	8,1	14,2	13,4	11,6	12,7	12,0
	Мужчины/Males	4,9	7,8	31,5	62,1	59,7	63,1	25,6	48,7
	Оба пола/Both sexes	6,3	6,8	26,0	49,7	46,6	40,6	18,2	38,3
Кости и суставы/ Bones and joints	Женщины/Females	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
	Мужчины/Males	0,0	1,1	1,2	0,8	1,0	0,0	0,0	0,9
	Оба пола/Both sexes	0,0	0,9	1,4	0,6	0,7	0,0	0,0	0,7
Кожа/Skin	Женщины/Females	31,5	23,6	40,5	38,1	23,4	18,6	38,2	28,7
	Мужчины/Males	7,3	11,1	19,2	21,5	13,1	29,8	25,7	17,9
	Оба пола/Both sexes	10,5	13,0	24,1	25,7	16,0	24,9	32,8	21,2
Мезотелий и мягкие ткани/ Mesothelium and soft tissue	Женщины/Females	31,5	14,2	6,1	2,2	1,7	2,4	0,0	3,6
	Мужчины/Males	7,4	4,4	1,9	3,0	3,0	0,9	8,5	3,0
	Оба пола/Both sexes	10,5	13,0	2,8	2,8	2,6	1,5	3,6	3,3
Молочная железа/Breast	Женщины/Females	79,0	104,1	133,5	90,1	46,9	17,5	6,4	63,5
Женские половые органы/ Female genital organs	Женщины/Females	0,0	52,0	72,8	48,9	32,6	19,8	6,4	38,2
Мужские половые органы/ Male genital organs	Мужчины/Males	4,9	5,6	5,6	11,2	22,0	25,2	34,2	15,7
Мочевыводящие пути/Urinary tract	Женщины/Females	0,0	0,0	10,2	10,9	17,6	8,1	0,0	11,0
	Мужчины/Males	0,0	5,6	11,7	20,7	20,3	18,9	25,5	16,7
	Оба пола/Both sexes	0,0	4,3	11,4	18,2	19,6	14,2	10,9	15,1
Глаз и головной мозг/ Eye and brain	Женщины/Females	15,8	9,5	6,1	5,5	6,8	3,5	0,0	5,6
	Мужчины/Males	9,7	7,8	7,4	5,6	1,6	3,8	0,0	5,2
	Оба пола/Both sexes	10,5	7,8	7,1	5,6	4,0	3,6	0,0	5,3
Щитовидная и другие железы/ Thyroid and other glands	Женщины/Females	15,8	18,9	24,4	8,7	6,7	1,2	6,4	9,3
	Мужчины/Males	4,9	3,3	1,2	1,5	3,1	0,9	0,0	1,8
	Оба пола/Both sexes	6,2	6,1	6,6	3,4	3,1	1,1	3,6	3,9
Неуточненная локализация/ Unspecified localization	Женщины/Females	0,0	4,7	0,0	2,2	0,8	8,1	0,0	2,8
	Мужчины/Males	0,0	2,2	0,6	3,0	4,3	4,5	0,0	2,8
	Оба пола/Both sexes	0,0	2,6	0,5	2,8	3,3	6,1	0,0	2,9
Лимфоидная и кроветворная ткань/ Lymphoid and hematopoietic tissue	Женщины/Females	47,6	37,8	34,4	13,0	15,8	7,0	0,0	16,7
	Мужчины/Males	24,4	31,1	16,7	13,9	9,8	11,7	0,0	14,8
	Оба пола/Both sexes	27,4	31,2	20,8	13,8	11,5	9,8	0,0	15,3
Первично-множественная локализация/ Multiple primary localization	Женщины/Females	0,0	0,0	0,0	1,1	0,8	5,8	6,4	2,0
	Мужчины/Males	0,0	0,0	0,6	0,4	1,7	4,6	0,0	1,2
	Оба пола/Both sexes	0,0	0,0	0,5	0,6	1,4	5,1	3,6	1,5
Все локализации/All localizations	Женщины/Females	237,0	326,1	433,3	321,4	242,8	154,8	127,2	265,8
	Мужчины/Males	65,5	114,6	176,7	243,6	222,3	242,5	196,2	206,5
	Оба пола/Both sexes	88,6	149,0	236,7	263,7	968,0	204,2	156,7	223,3

статистически значимо превышает таковой в группе, принятой за стандарт, если нижняя граница ДИ для СОР больше единицы.

Коэффициенты риска заболевания ЗНО рассчитаны для всей группы солидных раков (С00–С97). Также рассчитаны коэффициенты СОР заболеваемости по наиболее распространенным видам ЗНО: ЗНО губы, полости рта, глотки (С00–С14); ЗНО органов пищеварения (С15–С26); ЗНО органов дыхания и грудной клетки (С30–С39); ЗНО костей и суставов (С40–С41); ЗНО кожи, включая меланому (С43–С44); ЗНО мезотелия и мягких тканей (С45–С49); ЗНО молочной железы (С50); ЗНО женских половых органов (С51–С58); ЗНО мужских половых органов (С60–С63); ЗНО мочевыводящих путей (С64–С68); ЗНО глаза, головного мозга и других отделов центральной нервной системы (С69–С72); ЗНО лимфоидной и кроветворной ткани (С81–С96); ЗНО первично-множественной локализации (С97).

Статистическую обработку результатов проводили с использованием программы Statistica 6.1 (InstallShield Software Corporation, США), а также модуля Amfit программы Epicure. Результаты представлены в виде среднего арифметического и ошибки среднего арифметического,  $X \pm m$ . Для сравнения средних арифметических в группах исследования использовали параметрический t-критерий Стьюдента. Различия считались значимыми при  $p < 0,05$ .

### Результаты

Результаты расчета показателей первичной онкологической заболеваемости персонала СХК представлены в табл. 2. Уровень первичной онкологической заболеваемости персонала предприятия атомной индустрии в течение изучаемого периода составил 223,3 случая на 100 000 ЧЛН, среди мужчин – 206,5 случая на 100 000 ЧЛН, среди женщин – 265,8 случая на 100 000 ЧЛН.

Наибольшей среди мужчин была заболеваемость ЗНО органов пищеварения (68,8 случая на 100 000 ЧЛН), при этом наиболее часто ЗНО данной локализации встречались среди работников в возрасте 50–59 лет (83,6 случая на 100 000 ЧЛН). На втором месте находились ЗНО органов дыхания (48,7 случая на 100 000 ЧЛН), наиболее часто встречающиеся среди работников в возрасте 70–79 лет (63,1 случая на 100 000 ЧЛН). Третьими по частоте встречаемости среди мужчин были ЗНО кожи, включая меланому (17,9 случая на 100 000 ЧЛН), наиболее часто встречающиеся среди работников, чей возраст на момент постановки диагноза ЗНО составил 70–79 лет и старше (29,8 случая на 100 000 ЧЛН). ЗНО половых органов были четвертыми по частоте среди всех ЗНО мужского персонала (15,7 случая на 100 000 ЧЛН), наиболее часто ЗНО данной локализации встречались среди мужчин в возрасте 80 лет и старше (34,2 случая на

100 000 ЧЛН). Пятыми по частоте встречаемости среди мужского персонала СХК были ЗНО мочевыводящих путей (16,7 случая на 100 000 ЧЛН), наиболее часто ЗНО данной локализации встречались среди мужчин, перешагнувших 80-летний рубеж (25,5 случая на 100 000 ЧЛН).

Среди женщин наибольшей была заболеваемость ЗНО органов пищеварения (69,7 случая на 100 000 ЧЛН), при этом наибольший уровень заболеваемости наблюдался среди работниц в возрасте 40–49 лет (95,1 случая на 100 000 ЧЛН). Второе и третье места среди всех ЗНО у женского персонала СХК занимали рак молочной железы и ЗНО женских половых органов (63,5 и 38,2 случая на 100 000 ЧЛН соответственно). ЗНО указанных локализаций чаще всего встречались среди женщин в возрасте 40–49 лет (133,5 и 72,8 случая на 100 000 ЧЛН соответственно). Четвертыми по частоте встречаемости были ЗНО кожи (включая меланому) – 28,7 случая на 100 000 ЧЛН, при этом наиболее часто ЗНО указанной локализации встречались среди женщин в возрасте 80 лет и старше (38,2 случая на 100 000 ЧЛН). Первичная заболеваемость ЗНО лимфоидной и кроветворной ткани составила 16,7 случая на 100 000 ЧЛН, наиболее часто они встречались среди женщин в возрасте 20–29 лет (47,6 случая на 100 000 ЧЛН).

Онкологическая заболеваемость персонала СХК, работавшего в контакте с источниками ИИ, не превышала значений аналогичных показателей, рассчитанных для работников, не подвергавшихся радиационному воздействию (табл. 3).

Среди мужчин, подвергавшихся профессиональному техногенному облучению (вне зависимости от накопленной дозы), средний возраст выявления ЗНО (вне зависимости от локализации) был статистически значимо меньше, чем у мужчин, работавших вне контакта с источниками ИИ. Мужчины, заболевшие ЗНО органов пищеварения, кожи, половых органов и мочевой системы и подвергавшиеся профессиональному техногенному облучению, были моложе, чем представители группы контроля. Среди женщин статистически значимое различие возраста выявления заболевания было установлено лишь в отношении ЗНО кожи у работниц, подвергавшихся профессиональному техногенному облучению, заболевание выявлялось в среднем на 5,6 года раньше, чем у представительниц группы контроля (табл. 4). В табл. 5 и 6 представлены сведения СОР заболевания ЗНО персонала СХК.

Стандартный относительный риск развития ЗНО (всех локализаций, вместе взятых) был повышен среди работников, имеющих СДВО от 500 до 1 000 мЗв (табл. 5). У лиц с СДВО от 150 до 200 мЗв выявлено статистически значимое повышение СОР возникновения первично-множественных ЗНО. СОР возникновения ЗНО мужских половых органов был повышен среди мужчин, имевших СДВО

Таблица 3/Table 3

**Первичная онкологическая заболеваемость персонала СХК в зависимости от СДВО (на 100 000 ЧЛН)  
Primary cancer incidence among the personal of Siberian Chemical Plant depending on the total dose of external irradiation (per 100,000 person-years of observation)**

Локализация ЗНО/ Cancer localization	Мужчины/Males		Женщины/Females	
	СДВО=0/TDEI=0	СДВО>0/TDEI>0	СДВО=0/TDEI=0	СДВО>0/TDEI>0
Губа, полость рта и глотка/ Lip, oral cavity, pharynx	10,6 ± 1,3	5,9 ± 1,24; p=0,003	2,6 ± 0,9	2,4 ± 1,7; p=0,099
Органы пищеварения/ Digestive organs	78,1 ± 3,6	54,9 ± 3,8; p=0,002	73,5 ± 4,9	55,5 ± 8,2; p=0,087
Органы дыхания/ Respiratory system	56,1 ± 3,1	37,7 ± 3,1; p=0,004	11,4 ± 1,9	14,5 ± 4,2; p=0,059
Кожа/Skin	19,5 ± 1,8	15,7 ± 2,0; p=0,080	27,0 ± 3,0	35,0 ± 6,5; p=0,068
Молочная железа/Breast	–	–	62,8 ± 4,5	66,4 ± 9,0; p=0,098
Женские половые органы/ Female genital organs	–	–	36,4 ± 3,4	44,7 ± 7,3; p=0,099
Мужские половые органы/ Male genital organs	13,9 ± 1,5	18,5 ± 2,2; p=0,060	–	–
Мочевыводящие пути/ Urinary tract	17,6 ± 1,7	15,4 ± 2,0; p=0,074	11,4 ± 1,9	9,7 ± 3,4; p=0,089
Лимфоидная и кроветворная ткань/ Lymphoid and hematopoietic tissue	17,3 ± 1,7	11,0 ± 1,7; p=0,003	18,9 ± 2,5	8,5 ± 3,2; p=0,002
Все локализации/ All localizations	230,3 ± 6,2	171,3 ± 6,6; p=0,001	270,0 ± 9,4	251,5 ± 17,4; p=0,091

Примечание: СДВО – суммарная доза внешнего облучения.

Note: TDEI – total dose of external irradiation.

Таблица 4/Table 4

**Средний возраст работников СХК с впервые выявленными ЗНО в зависимости от СДВО  
The median age of Siberian Chemical Plant’s employees with newly diagnosed malignant neoplasms with respect to the total dose of external irradiation**

Локализация ЗНО/ Cancer localization	Мужчины/Males		Женщины/Females	
	СДВО=0/TDEI=0	СДВО>0/TDEI>0	СДВО=0/TDEI=0	СДВО>0/TDEI>0
Губа, полость рта и глотка/ Lip, oral cavity, pharynx	57,3 ± 1,2	53,0 ± 1,9 (p=0,057)	63,9 ± 2,5	62,0 ± 3,5 (p=0,067)
Органы пищеварения/ Digestive organs	58,9 ± 0,4	59,4 ± 0,7 (p=0,086)	59,5 ± 0,8	57,7 ± 1,5 (p=0,089)
Органы дыхания/ Respiratory system	60,0 ± 0,5	59,5 ± 0,8 (p=0,560)	62,0 ± 1,9	58,6 ± 3,5 (p=0,053)
Кожа/Skin	58,8 ± 1,1	55,8 ± 1,6 (p=0,089)	59,9 ± 1,4	54,3 ± 2,2 (p=0,001)
Молочная железа/Breast	–	–	52,8 ± 0,8	53,8 ± 1,4 (p=0,082)
Женские половые органы/ Female genital organs	–	–	56,0 ± 1,1	56,4 ± 1,4 (p=0,079)
Мужские половые органы/ Male genital organs	62,7 ± 1,3	60,8 ± 1,1 (p=0,078)	–	–
Мочевыводящие пути/ Urinary tract	59,6 ± 0,9	59,2 ± 1,3 (p=0,088)	62,1 ± 1,3	58,6 ± 3,0 (p=0,059)
Лимфоидная и кроветворная ткань/ Lymphoid and hematopoietic tissue	50,4 ± 1,4	50,1 ± 1,6 (p=0,670)	52,2 ± 1,8	53,4 ± 3,0 (p=0,095)
Все локализации/ All localizations	58,5 ± 0,3	57,0 ± 0,4 (p=0,040)	56,9 ± 0,4	55,6 ± 0,7 (p=0,068)

Примечание: СДВО – суммарная доза внешнего облучения.

Note: TDEI – total dose of external irradiation.

Таблица 5/ Table 5

**СОР возникновения ЗНО у мужского персонала СХК**  
**Standardized relative risk of cancer in male population of Siberian Chemical Plant**

Код по МКБ-10/ ICD-10 code	СДВО, мЗв/Total dose of external beam radiation							
	[0–20)	[20–50)	[50–100)	[100–150)	[150–200)	[200–300)	[300–500)	[500–1 000]
C00–C14	1,0 (0,2–1,9)	0,8 (0,1–1,7)	0,6 (0,1–1,5)	0,3 (0,1–1,0)	1,3 (0,1–2,4)	1,4 (0,2–2,5)	1,0 (0,0–2,0)	2,3 (0,6–3,6)
C15–C26	0,9 (0,0–1,2)	1,1 (0,3–1,5)	1,4 (0,2–1,8)	1,1 (0,1–1,4)	1,5 (0,3–1,9)	2,0 (0,6–2,4)	1,9 (0,5–2,3)	2,0 (0,5–2,4)
C30–C39	0,9 (0,0–1,3)	0,8 (0,1–1,2)	1,2 (0,1–1,5)	1,1 (0,1–1,5)	1,4 (0,1–3,3)	1,6 (0,3–2,1)	2,1 (0,6–2,6)	<b>3,6 (1,7–4,3)</b>
C40–C41	–	1,9 (0,0–11,0)	4,8 (1,0–15,6)	4,4 (0,8–15,0)	–	–	–	<b>8,5 (3,0–21,1)</b>
C43–C44	1,4 (0,2–2,1)	1,5 (0,2–2,3)	1,5 (0,2–2,3)	2,5 (0,8–3,4)	2,6 (0,9–3,6)	2,1 (0,6–3,0)	2,3 (0,7–3,2)	<b>3,2 (1,2–4,3)</b>
C45–C49	1,1 (0,0–3,9)	1,0 (0,0–3,7)	0,6 (0,0–3,1)	–	3,3 (0,9–7,0)	2,7 (0,6–6,1)	–	<b>8,9 (4,6–14,1)</b>
C60–C63	1,2 (0,1–2,1)	1,4 (0,2–2,2)	1,6 (0,3–2,6)	1,8 (0,4–2,8)	1,4 (0,2–2,3)	<b>4,4 (2,0–5,6)</b>	<b>3,7 (1,5–5,0)</b>	<b>5,0 (2,5–6,5)</b>
C64–C68	0,9 (0,0–1,6)	1,7 (0,3–2,7)	1,9 (0,4–2,8)	1,6 (0,3–2,5)	3,2 (1,3–4,4)	1,4 (0,2–2,3)	2,5 (0,8–3,6)	1,2 (0,1–2,0)
C69–C72	1,0 (0,0–2,7)	1,1 (0,0–2,9)	–	1,9 (0,4–4,0)	0,9 (0,0–2,6)	0,8 (0,1–2,4)	0,7 (0,0–2,3)	<b>3,7 (1,4–6,4)</b>
C81–C96	1,3 (0,2–2,3)	1,0 (0,0–1,8)	1,1 (0,1–2,0)	1,3 (0,2–2,3)	0,7 (0,1–1,4)	1,8 (0,4–2,9)	2,1 (0,6–3,2)	1,3 (0,1–2,2)
C97	2,0 (0,3–5,5)	1,6 (0,2–5,1)	2,9 (0,7–6,8)	2,6 (0,6–6,4)	<b>5,7 (2,4–9,6)</b>	3,1 (0,8–7,1)	3,0 (0,8–7,0)	2,6 (0,5–6,3)
Итого/Total	1,0 (0,1–1,3)	1,1 (0,1–1,3)	1,3 (0,3–1,5)	1,3 (0,2–1,5)	1,6 (0,4–1,9)	2,0 (0,6–2,2)	2,0 (0,6–2,2)	<b>2,7 (1,4–3,0)</b>

Примечание: здесь и в таблице 6 полужирным шрифтом выделены значения СОР возникновения ЗНО в исследуемой группе, статистически значимо превышающие таковой в группе контроля.

Note: in this table and in table 6, the values of the RR of the occurrence of cancer in the study group are highlighted in bold, which are statistically significantly higher than that in the control group.

Таблица 6/ Table 6

**СОР возникновения ЗНО у женского персонала СХК**  
**Standardized relative risk of cancer in female population of Siberian Chemical Plant**

Код по МКБ-10/ ICD-10 code	СДВО, мЗв/Total dose of external beam radiation							
	[0–20)	[20–50)	[50–100)	[100–150)	[150–200)	[200–300)	[300–500)	[500–1 000]
C00–C14	0,8 (0,1–5,4)	–	–	–	–	<b>12,7 (8,4–21,7)</b>	–	–
C15–C26	0,9 (0,7–5,6)	<b>1,7 (1,4–6,8)</b>	1,1 (0,8–5,8)	<b>1,4 (1,1–6,4)</b>	<b>2,0 (1,7–7,4)</b>	<b>2,0 (1,7–7,4)</b>	–	<b>10,8 (9,7–18,2)</b>
C30–C39	<b>2,8 (1,8–8,6)</b>	1,6 (0,8–6,7)	1,1 (0,5–5,8)	1,7 (0,9–6,9)	–	–	<b>11,7 (8,5–20,7)</b>	–
C43–C44	<b>1,6 (1,2–6,8)</b>	<b>1,5 (1,1–6,6)</b>	0,8 (0,5–5,5)	<b>3,3 (2,6–9,3)</b>	–	<b>3,6 (2,9–9,7)</b>	–	–
C45–C49	1,7 (0,6–6,8)	1,2 (0,3–6,1)	–	<b>4,1 (2,2–10,4)</b>	–	–	–	–
C50	<b>1,8 (1,4–7,0)</b>	<b>1,9 (1,5–7,1)</b>	0,6 (0,4–5,1)	1,2 (0,9–6,0)	<b>2,0 (1,7–7,4)</b>	<b>1,4 (1,0–6,2)</b>	<b>3,9 (3,4–10,3)</b>	–
C51–C58	<b>1,6 (1,2–6,7)</b>	1,3 (0,9–6,2)	1,4 (0,9–6,2)	<b>1,7 (1,3–6,9)</b>	<b>1,5 (1,1–6,5)</b>	<b>3,7 (3,1–9,9)</b>	–	–
C64–C68	0,7 (0,2–5,2)	1,6 (0,8–6,7)	1,1 (0,5–5,8)	1,7 (0,9–6,9)	<b>6,1 (4,5–13,3)</b>	<b>3,8 (2,6–10,0)</b>	–	–
C69–C72	0,8 (0,2–5,4)	0,9 (0,3–5,6)	1,8 (0,7–7,1)	<b>3,0 (1,6–8,9)</b>	–	–	–	–
C81–C96	0,8 (0,4–5,4)	1,5 (0,7–6,0)	0,6 (0,3–5,0)	<b>2,9 (2,1–8,6)</b>	<b>1,7 (1,1–6,9)</b>	–	–	–
C97	–	1,3 (0,4–6,3)	1,3 (0,4–6,3)	<b>4,4 (2,4–10,8)</b>	–	–	–	–
Итого/Total	<b>1,3 (1,3–6,3)</b>	<b>1,5 (1,3–6,5)</b>	0,9 (0,8–5,6)	<b>1,7 (1,6–7,0)</b>	<b>1,5 (1,5–6,6)</b>	<b>2,0 (1,9–7,4)</b>	<b>1,3 (1,1–6,2)</b>	<b>2,9 (2,7–8,7)</b>

более 200 мЗв. У работников с СДВО от 500 до 1 000 мЗв был повышен СОР возникновения ЗНО органов дыхания, кожи (включая меланому), мезотелия и мягких тканей, мужских половых органов, а также ЗНО глаза и головного мозга.

Стандартный относительный риск возникновения ЗНО (всех локализаций, взятых вместе) был повышен среди работниц СХК, имевших СДВО от 0 до 20 мЗв, от 20 до 50 мЗв, а также у работниц с СДВО, превышающей 100 мЗв (табл. 6). Также было выявлено статистически значимое повышение СОР развития ЗНО губы, полости рта и глотки, органов пищеварения, дыхания, кожи (включая меланому), мезотелия и мягких тканей, молочной железы, мочевыводящих путей, а также ЗНО глаза и головного мозга, лимфоидной и кроветворной тканей и первично-множественных ЗНО в отдельных дозовых интервалах.

### Обсуждение

Главный вопрос, который ставят перед собой исследователи, изучающие онкологическую заболеваемость и/или смертность персонала радиационно опасных производств, – это вопрос о роли долговременного профессионального техногенного облучения в возникновении ЗНО. В рамках настоящего исследования предпринята попытка установить роль долговременного профессионального внешнего облучения в возникновении ЗНО среди персонала СХК. Как было представлено выше, наибольшей среди мужчин в возрасте 50–59 лет была заболеваемость ЗНО органов пищеварения, на втором и третьем местах находились ЗНО органов дыхания, кожи, включая меланому, среди работников в возрасте 70–79 лет; среди женщин наибольшей была заболеваемость в возрастной группе 40–49 лет; первые три места принадлежали ЗНО органов пищеварения, молочной железы и половых органов. Однако на данном этапе (являвшемся, безусловно, необходимым, но не главным для работ подобного рода) удалось не более чем подтвердить нозологическую и возрастную структуру онкологической заболеваемости, свойственную любой популяции.

Основным методическим приемом при попытке установить роль того или иного профессионального ФР (в данном случае – ИИ) в возникновении ЗНО является сравнение различных аспектов онкозаболеваемости в основной и контрольной группах, а именно – в группах работников предприятия атомной индустрии, сопоставимых по основным характеристикам (половозрастной состав, состояние здоровья) и имеющих только одно различие – наличие или отсутствие контакта с ИИ (внешнее облучение) в процессе профессиональной деятельности.

Онкологическая заболеваемость персонала СХК, работавшего в контакте с источниками ИИ,

не превышала значений аналогичных показателей, рассчитанных для работников, не подвергавшихся радиационному воздействию; в ряде случаев, заболеваемость среди представителей основной группы была статистически значимо ниже, чем среди представителей группы контроля (работники, не имевшие контакта с ИИ). Вероятнее всего, данный факт является иллюстрацией «эффекта здорового рабочего», свойственного персоналу, нанимаемому на производства с вредными и/или опасными условиями труда. В то же время средний возраст выявления ЗНО (вне зависимости от локализации) среди мужчин, подвергавшихся профессиональному техногенному облучению (вне зависимости от накопленной дозы), был значимо меньше, чем у мужчин, работавших вне контакта с источниками техногенного облучения. Среди женщин значимое различие возраста выявления заболевания было установлено лишь в отношении ЗНО кожи: у работниц, подвергавшихся профессиональному техногенному облучению, заболевание выявлялось в среднем на 5,6 года раньше, чем у представительниц группы контроля.

Однако на этом основании не следует, на наш взгляд, делать фундаментальных выводов о роли ИИ в формировании ЗНО у работников радиационно опасных производств. Главным эпидемиологическим инструментом в подобных исследованиях является вычисление СОР возникновения ЗНО у облученных лиц в сравнении с необлученными, что и было нами предпринято.

Как показали результаты данной части исследования, среди мужчин СОР развития ЗНО (всех локализаций, вместе взятых) был повышен среди работников, имевших СДВО от 500 до 1 000 мЗв. В отдельных дозовых интервалах было выявлено статистически значимое повышение СОР возникновения ЗНО органов дыхания, кожи (включая меланому), мезотелия и мягких тканей, мужских половых органов, а также ЗНО глаза и головного мозга и первично-множественных ЗНО.

Среди женщин СОР развития ЗНО (всех локализаций, вместе взятых) был повышен во всех дозовых интервалах (за исключением интервала 50–100 мЗв); также было выявлено статистически значимое повышение СОР развития ЗНО губы, полости рта и глотки, органов пищеварения, дыхания, кожи (включая меланому), мезотелия и мягких тканей, молочной железы, мочевыводящих путей, ЗНО глаза и головного мозга, лимфоидной и кроветворной тканей, а также первично-множественных ЗНО в отдельных дозовых интервалах.

Понимание роли результатов исследования невозможно без их сравнения с результатами работы других ученых. В течение последних 5 лет в ведущих мировых изданиях был опубликован ряд работ, посвященных изучаемой проблеме. Ученые, исследовавшие наличие повышенного

риска возникновения ЗНО у лиц, работавших в контакте с ИИ, подтвердили его наличие [11, 12], что совпадает с результатами наших исследований. В публикациях, посвященных раку молочной железы у женщин, работавших в контакте с ИИ, исследователи указывают на наличие ассоциации между изучаемым ФР и развитием ЗНО названной локализации [13–15]. Опубликованные результаты не противоречат полученным нами данным. В публикации, посвященной изучению роли ИИ в развитии рака легкого, приведены данные, свидетельствующие о значимом дозозависимом повышении риска развития ЗНО данной локализации [16]. Другими авторами получены доказательства повышенного риска развития ЗНО желудка [17] и кожи [18] у работников радиационно опасных производств.

Таким образом, результаты наших исследований не противоречат результатам аналогичных исследований других авторов. Однако не вызывает сомнений, что еще преждевременно заявлять о получении окончательного подтверждения роли профессионального ИИ в формировании ЗНО у лиц, ему подвергавшихся. Очевидно, что исследования должны быть продолжены главным образом в направлении изучения роли профессионального

облучения в формировании ЗНО отдельных локализаций, данные относительно которых были получены как нами, так и другими авторами. Однако переход от изучения роли ИИ в формировании всех ЗНО какой-либо локализации к изучению проблемы «радиационного» генеза конкретной опухоли (например, от изучения ЗНО органов пищеварения к изучению рака желудка) неизбежно сопряжен с уменьшением количества изучаемых случаев, что, в свою очередь, приведет к снижению статистической значимости полученных результатов. Вариантом решения данной методической проблемы является объединение когорт персонала радиационно опасных производств, изучаемых отдельными научными организациями.

### Заключение

Данные, полученные в результате настоящего исследования, позволяют определить основные направления оценки рисков для здоровья персонала радиационно опасных объектов (в том числе на участках по выводу их из эксплуатации) и формирования комплекса мероприятий, направленных на совершенствование системы охраны и улучшения здоровья работников радиационно опасных предприятий и продление их трудового долголетия.

### ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Ильин Л.А. Техногенное облучение и безопасность человека. М., 2006. 304 с. [Il'in L.A. Technogenic exposure and human safety. Moscow, 2006. 304 p. (in Russian)].
2. Li C., Liu Z.S., Du X.M., He L., Chen J., Wang W., Sun F., Du F., Luo Z.G., Xue Z.L., Zhao Y., Zhou C.W. Clinical value of whole-body magnetic resonance diffusion weighted imaging on detection of malignant metastases. *Chin Med Sci J.* 2009 Jun; 24(2): 112–6. doi: 10.1016/S1001-9294(09)60072-9.
3. Zablotzka L.B., Ashmore J.P., Howe G.R. Analysis of mortality among Canadian nuclear power industry workers after chronic low-dose exposure to ionizing radiation. *Radiat Res.* 2004; 161(6): 633–41. doi: 10.1667/rr3170.
4. Gilbert E.S., Koshurnikova N.A., Sokolnikov M.E., Shilnikova N.S., Preston D.L., Ron E., Okatenko P.V., Khokhryakov V.F., Vasilenko E.K., Miller S., Eckerman K., Romanov S.A. Lung cancer in Mayak workers. *Radiat Res.* 2004 Nov; 162(5): 505–16. doi: 10.1667/rr3259.
5. Auvinen A., Pukkala E., Hyvonen H., Hakama M., Rytomaa T. Cancer incidence among Finnish nuclear reactor workers. *J Occup Environ Med.* 2002 Jul; 44(7): 634–8. doi: 10.1097/00043764-200207000-00008.
6. Cardis E., Vrijheid M., Blettner M., Gilbert E., Hakama M., Hill C., Howe G., Kaldor J., Muirhead C.R., Schubauer-Berigan M., Yoshimura T., Bermann F., Cowper G., Fix J., Hacker C., Heinmiller B., Marshall M., Thierry-Chef I., Utterback D., Ahn Y.O., Amoros E., Ashmore P., Auvinen A., Bae J.M., Solano J.B., Biau A., Combalot E., Deboodt P., Diez Sacristan A., Eklof M., Engels H., Engholm G., Gulis G., Habib R., Holan K., Hyvonen H., Kerekes A., Kurtinaitis J., Malke H., Martuzzi M., Mastauskas A., Monnet A., Moser M., Pearce M.S., Richardson D.B., Rodriguez-Artalejo F., Rogel A., Tardy H., Telle-Lamberton M., Turai I., Usel M., Veress K. Risk of cancer after low doses of ionizing radiation: retrospective cohort study in 15 countries. *BMJ.* 2005 Jul 9; 331(7508): 77. doi: 10.1136/bmj.38499.599861.E0.
7. Jeong M., Jin Y.W., Yang K.H., Ahn Y.O., Cha C.Y. Radiation exposure and cancer incidence in a cohort of nuclear power industry workers in the Republic of Korea, 1992–2005. *Radiat Environ Biophys.* 2010 Mar; 49(1): 47–55. doi: 10.1007/s00411-009-0247-7.
8. Гланц С. Медико-биологическая статистика. М., 1998. 459 с. [Glants S. Biomedical statistics. Moscow, 1998. 459 p. (in Russian)].
9. Медик В.А., Токмачев М.С. Руководство по статистике здоровья и здравоохранения. М., 2006. 528 с. [Medik V.A., Tokmachev M.S. Health and Health Statistics Manual. Moscow, 2006. 528 p. (in Russian)].
10. Ahlbom A., Norell S. Introduction to Modern Epidemiology. 1990; 222.
11. Marant Micalef C., Shield K.D., Baldi I., Charbotel B., Fervers B., Gilg Soit Ilg A., Guenel P., Olsson A., Rushton L., Hutchings S.J., Straif K., Soerjomataram I. Occupational exposures and cancer: a review of agents and relative risk estimates. *Occup Environ Med.* 2018 Aug; 75(8): 604–614. doi: 10.1136/oemed-2017-104858.
12. Fournier L., Laurent O., Samson E., Caer-Lorho S., Laroche P., Le Guen B., Laurier D., Lewraud K. External radiation dose and cancer mortality among French nuclear workers: considering potential confounding by internal radiation exposure. *Int Arch Occup Environ Health.* 2016 Nov; 89(8): 1183–1191. doi: 10.1007/s00420-016-1152-4.
13. Olver I.N. Prevention of breast cancer. *Med J Aust.* 2016 Nov 21; 205(10): 475–479. doi: 10.5694/mja16.01007.
14. Engel C.L., Sharima Rasanayagam M., Gray J.M., Rizzo J. Work and Female Breast Cancer: The State of the Evidence, 2002–2017. *New Solut.* 2018 May; 28(1): 55–78. doi: 10.1177/1048291118758460.
15. Wakeford R. The growing importance of radiation worker studies. *Br J Cancer.* 2018 Aug; 119(5): 527–529. doi: 10.1038/s41416-018-0134-6.
16. Deas S.D., Huprikar N., Skabelund A. Radiation exposure and lung disease in today's nuclear world. *Curr Opin Pulm Med.* 2017 Mar; 23(2): 167–172. doi: 10.1097/MCP.0000000000000349.
17. Zhuntova G.V., Azizova T.V., Grigoryeva E.S. Risk of stomach cancer incidence in a cohort of Mayak PA workers occupationally exposed to ionizing radiation. *PLoS One.* 2020 Apr 15; 15(4): e0231531. doi: 10.1371/journal.pone.0231531.
18. Azizova T.V., Bannikova M.V., Grigoryeva E.S., Rybkina V.L. Risk of malignant skin neoplasms in a cohort of workers occupationally exposed to ionizing radiation at low dose rates. *PLoS One.* 2018 Oct 5; 13(10): e0205060. doi: 10.1371/journal.pone.0205060.

Поступила/Received 06.02.2020  
Принята в печать/Accepted 20.05.2020

## Сведения об авторах

**Калинкин Дмитрий Евгеньевич**, доктор медицинских наук, доцент, руководитель отдела эпидемиологии и профилактики радиационно-химических поражений, ФГУП «Северский биофизический научный центр» ФМБА России (г. Северск, Россия); профессор кафедры организации здравоохранения и общественного здоровья, ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» Минздрава России (г. Томск, Россия). SPIN-код: 8348-2698. Researcher ID (WOS): A-8134-2017. Author ID (Scopus): 36188174000. ORCID: 0000-0002-6948-6075.

**Тахауов Равиль Манихович**, доктор медицинских наук, профессор, директор, ФГУП «Северский биофизический научный центр» ФМБА России (г. Северск, Россия); профессор кафедры организации здравоохранения и общественного здоровья, ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» Минздрава России (г. Томск, Россия). SPIN-код: 5254-2461. Researcher ID (WOS): R-7258-2016. Author ID (Scopus): 55887674100. ORCID: 0000-0002-1994-957X.

**Мильто Иван Васильевич**, доктор биологических наук, доцент, заместитель директора по научной работе, ФГУП «Северский биофизический научный центр» ФМБА России (г. Северск, Россия); профессор кафедры морфологии и общей патологии, ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» Минздрава России (г. Томск, Россия). SPIN-код: 4919-2033. Researcher ID (WOS): O-2892-2016. Author ID (Scopus): 55360261100. ORCID: 0000-0002-9764-4392.

**Карпов Андрей Борисович**, доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры организации здравоохранения и общественного здоровья, ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» Минздрава России (г. Томск, Россия). SPIN-код: 4393-5855. Researcher ID (WOS): R-7251-2016. Author ID (Scopus): 55944449600. ORCID: 0000-0002-0119-2740.

**Тахауова Лилия Равильевна**, младший научный сотрудник отдела эпидемиологии и профилактики радиационно-химических поражений, ФГУП «Северский биофизический научный центр» ФМБА России (г. Северск, Россия). Author ID (Scopus): 57215877347. ORCID: 0000-0002-6261-9795.

**Жуйкова Лилия Дмитриевна**, кандидат медицинских наук, заведующая лабораторией эпидемиологии, Научно-исследовательский институт онкологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук (г. Томск, Россия). SPIN-код: 3260-1308. Author ID (Scopus): 56626111900. Researcher ID (WOS): C-8293-2012. ORCID: 0000-0003-3536-8473.

**Ананина Ольга Александровна**, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник лаборатории эпидемиологии, Научно-исследовательский институт онкологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук (г. Томск, Россия). SPIN-код: 3697-1111. Author ID (Scopus): 56366338100. Researcher ID (WOS): D-8708-2012. ORCID: 0000-0001-8002-3189.

## ВКЛАД АВТОРОВ

**Калинкин Дмитрий Евгеньевич**: разработка концепции научной работы, сбор и интерпретация научных данных, составление черновика рукописи.

**Тахауов Равиль Манихович**: анализ научной работы, критический пересмотр с внесением ценного интеллектуального содержания.

**Мильто Иван Васильевич**: анализ научной работы, критический пересмотр с внесением ценного интеллектуального содержания.

**Карпов Андрей Борисович**: уточнение концепции научной работы, редактирование и дополнение литературного обзора.

**Тахауова Лилия Равильевна**: статистическая обработка данных, редактирование и дополнение литературного обзора.

**Жуйкова Лилия Дмитриевна**: статистическая обработка данных, редактирование и дополнение литературного обзора.

**Ананина Ольга Александровна**: статистическая обработка данных, редактирование и дополнение литературного обзора.

**Финансирование**

*Исследование выполнено при поддержке ФМБА России в рамках Федеральной целевой программы «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016–2020 годы и на период до 2030 года» (государственный контракт № 56.002.20.2 от 02.06.2020).*

**Конфликт интересов**

*Авторы заявляют об отсутствии возможных конфликтов интересов.*

## ABOUT THE AUTHORS

**Dmitriy E. Kalinkin**, MD, DSc, Assistant Professor, Head of Epidemiological Department, Seversk Biophysical Research Center of the Russian Federal Medical and Biological Agency (Seversk, Russia), Professor of Department of Health Organization and Public Health, Siberian State Medical University (Tomsk, Russia). Researcher ID (WOS): A-8134-2017. Author ID (Scopus): 36188174000. ORCID: 0000-0002-6948-6075.

**Ravil M. Takhauov**, MD, Professor, Director, Seversk Biophysical Research Center of the Russian Federal Medical and Biological Agency (Seversk, Russia); Professor of Department of Health Organization and Public Health, Siberian State Medical University (Tomsk, Russia). Researcher ID (WOS): R-7258-2016. Author ID (Scopus): 55887674100. ORCID: 0000-0002-1994-957X.

**Ivan V. Milto**, DSc, Assistant Professor, Deputy Director for Scientific Work, Seversk Biophysical Research Center of the Russian Federal Medical and Biological Agency (Seversk, Russia); Professor of Department of Morphology and General Pathology, Siberian State Medical University (Tomsk, Russia). Researcher ID (WOS): O-2892-2016. Author ID (Scopus): 55360261100. ORCID: 0000-0002-9764-4392.

**Andrey B. Karpov**, MD, DSc, Professor, Department of Health Organization and Public Health, Siberian State Medical University (Tomsk, Russia). Researcher ID (WOS): R-7251-2016. Author ID (Scopus): 55944449600. ORCID: 0000-0002-0119-2740.

**Lilia R. Takhauova**, Junior Researcher of Epidemiological Department, Seversk Biophysical Research Center of the Russian Federal Medical and Biological Agency (Seversk, Russia). Author ID (Scopus): 57215877347. ORCID: 0000-0002-6261-9795.

**Lilia D. Zhuikova**, MD, PhD, Head of Laboratory of Epidemiology, Cancer Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences (Tomsk, Russia). Author ID (Scopus): 56626111900. Researcher ID (WOS): C-8293-2012. ORCID: 0000-0003-3536-8473.

**Olga A. Ananina**, MD, PhD, Senior Researcher of Laboratory of Epidemiology, Cancer Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences (Tomsk, Russia). Author ID (Scopus): 56366338100. Researcher ID (WOS): D-8708-2012. ORCID: 0000-0001-8002-3189.

#### AUTHOR CONTRIBUTION

**Dmitriy E. Kalinkin**: study conception and design, data collection and interpretation, writing of the manuscript.

**Ravil M. Takhauov**: data analysis, critical revision of the manuscript for important intellectual content.

**Ivan V. Milto**: data analysis, critical revision of the manuscript for important intellectual content.

**Andrey B. Karpov**: clarification of the concept of the study, editing and addition of a literary review.

**Lilia R. Takhauova**: statistical data analysis, editing and supplementing the review.

**Lilia D. Zhuikova**: statistical data analysis, editing and supplementing the review.

**Olga A. Ananina**: statistical data analysis, editing and supplementing the review.

#### *Funding*

*The study was supported by FMBA of Russia within the framework of the Federal Target Program "Ensuring Nuclear and Radiation Safety for 2016–2020 and for the Period up to 2030" (state contract No. 56.002.20.2 dated 02.06.2020).*

#### *Conflict of interest*

*Authors declare lack of the possible conflicts of interests.*