

<https://doi.org/10.47183/mes.2025-355>

УДК 314.48



ОСОБЕННОСТИ ДИНАМИКИ ОБЩЕЙ СМЕРТНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ ОЗЕРСКОГО ГОРОДСКОГО ОКРУГА В ПЕРИОД ПАНДЕМИИ COVID-19

М.В. Осипов[✉]

Южно-Уральский федеральный научно-клинический центр медицинской биофизики Федерального медико-биологического агентства, Озерск, Россия

Введение. Пандемическое распространение заболеваемости COVID-19, наблюдавшееся в период с 2020 по 2021 год, оказало влияние на общую смертность среди населения. Особый интерес для исследователей приобретает изучение динамики показателя общей смертности среди работников атомной отрасли, подвергающихся профессиональному радиационному воздействию, и населения, проживающего вблизи объектов атомной промышленности.

Цель. Анализ динамики общей смертности населения города атомной промышленности Озерск в период пандемии COVID-19 в зависимости от совокупного влияния факторов риска радиационной и нерадиационной природы.

Материалы и методы. Проведено ретроспективное когортное исследование жителей Озерского городского округа (ОГО), умерших от различных причин в период 2020–2023 гг. Анализировали ежегодные отчеты Росстата и муниципального отдела статистики. Данные о заболеваемости от COVID-19 предоставлены Центром гигиены и эпидемиологии № 71 г. Озерска. Оценка функции дожития в зависимости от наличия заболевания COVID-19, а также влияния возраста и дозы внешнего профессионального облучения работников ПО «Маяк» выполнена с использованием метода Каплана – Майера. Анализ влияния заболеваемости COVID-19 с учетом дозы профессионального облучения на интенсивность смертности от всех причин среди различных возрастных групп выполнен методом пропорциональных рисков Кокса.

Результаты. На основании анализа динамики показателей общей смертности за 2013–2023 годы определен период, связанный с пиком пандемической активности. Выявлено влияние заболевания COVID-19 ($p < 0,05$) в зависимости от достигнутого возраста и дозы профессионального облучения на смертность от всех причин в течение пандемического периода. Влияние заболеваемости COVID-19 на общую смертность модифицировалось воздействием нескольких факторов риска, из которых значимое влияние оказывали достигнутый возраст ($p < 0,001$) и накопленная доза внешнего облучения ($p = 0,03$).

Выводы. Заболеваемость COVID-19 в пандемический период оказывала как прямое, так и опосредованное влияние на общую смертность среди населения Озерска. Наряду с прямым влиянием заболевания COVID-19, возраста и дозы внешнего облучения работников ПО «Маяк» большое значение при оценке динамики общей смертности в период пандемии имеет сочетание этих факторов. Полученные результаты представляют интерес для прогнозирования последствий, связанных с возникновением возможных пандемических ситуаций, и выработки эффективных стратегий по охране здоровья населения городов атомной промышленности.

Ключевые слова: пандемия; COVID-19; общая смертность; профессиональное облучение; риск

Для цитирования: Осипов М.В. Особенности динамики общей смертности населения Озерского городского округа в период пандемии COVID-19. *Экстремальная биомедицина*. 2026;28(2):197–204. <https://doi.org/10.47183/mes.2025-355>

Финансирование: работа выполнена без спонсорской поддержки.

Соответствие принципам этики: не требовалось одобрение биоэтического комитета, поскольку исследование выполнено на основе обезличенных данных медицинских карт (архивные материалы).

Благодарность: автор выражает благодарность сотрудникам отдела статистики администрации Озерского городского округа и Центра гигиены и эпидемиологии № 71 за оказанную помощь в проведении исследования.

Потенциальный конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

✉ Осипов Михаил Викторович osipov@subi.su

Статья поступила: 17.07.2025 **После доработки:** 19.09.2025 **Принята к публикации:** 15.10.2025 **Online first:** 30.12.2025

FEATURES OF THE OVERALL MORTALITY DYNAMICS IN THE POPULATION OF OZERSK URBAN DISTRICT DURING THE COVID-19 PANDEMIC

Mikhail V. Osipov[✉]

Southern Urals Federal Research and Clinical Center for Medical Biophysics, Ozersk, Russia

Introduction. The pandemic spread of COVID-19, observed in 2020–2021, had an impact on overall mortality among the population. Of particular interest to researchers is the study of trends in overall mortality rates among nuclear industry workers exposed to occupational radiation, as well as among the population living near nuclear facilities.

Objective. Analysis of the overall mortality dynamics among the population of Ozersk — a nuclear industry city — during the COVID-19 pandemic, depending on the combined effect of radiation and non-radiation risk factors.

Materials and methods. A retrospective cohort study was conducted among residents of the Ozersk Urban District (OUD) who died from various causes during the period 2020–2023. Annual reports from Rosstat and the municipal statistics department were analyzed. Data on COVID-19 incidence were provided by the Center for Hygiene and Epidemiology No. 71 in Ozersk. The assessment of survival function depending on the presence of COVID-19, as well as the influence of age and occupational external radiation dose among PA «Mayak» workers, was performed using the Kaplan–Meier method. The analysis of the impact of COVID-19 incidence, adjusted for occupational radiation dose, on the all-cause mortality rate across different age groups was carried out using the Cox proportional hazards model.

© М.В. Осипов, 2026

Results. Based on the analysis of overall mortality trends for the period 2013–2023, a period associated with the peak of pandemic activity was identified. The impact of COVID-19 on all-cause mortality during the pandemic period was revealed, depending on attained age and occupational radiation dose ($p < 0.05$). The effect of COVID-19 incidence on overall mortality was modified by several risk factors, among which attained age ($p < 0.001$) and accumulated external radiation dose ($p = 0.03$) exerted a significant influence.

Conclusions. COVID-19 incidence during the pandemic period had both direct and indirect effects on overall mortality among the population of Ozersk. Alongside the direct impact of COVID-19, age, and external radiation dose among PA «Mayak» workers, the combination of these factors is also important when assessing the dynamics of overall mortality during the pandemic. The obtained results are of interest for predicting the consequences of potential future pandemic situations and for developing effective strategies to protect the health of populations in nuclear industry cities.

Keywords: pandemic; COVID-19; all-cause mortality; occupational exposure; risk

For citation: Osipov M.V. Features of the overall mortality dynamics in the population of Ozersk urban district during the COVID-19 pandemic. *Extreme Medicine*. 2026;28(2):197–204. <https://doi.org/10.47183/mes.2025-355>

Funding: this study was conducted without sponsorship.

Compliance with the ethical principles: ethical approval was not required for this study since anonymized medical record data (archival materials) were used.

Acknowledgments: the author gratefully acknowledges the support of the Statistics Department (Administration of the Ozersk Urban District) and the Center for Hygiene and Epidemiology No. 71 in carrying out this study.

Potential conflict of interest: the author declares no conflict of interest.

✉ Mikhail V. Osipov osipov@subi.su

Received: 17 July 2025 **Revised:** 19 Sep. 2025 **Accepted:** 15 Oct. 2025 **Online first:** 30 Dec. 2025

ВВЕДЕНИЕ

Глобальное распространение новой коронавирусной инфекции SARS-CoV-2 привело к пандемии заболеваемости COVID-19, что обусловило рост показателя общей смертности среди населения как в целом по России, так и в различных регионах по сравнению с предыдущими годами [1, 2]. Основными факторами риска, влияющими на смертность от всех причин в период пандемии, помимо заболевания COVID-19, считаются пожилой возраст, мужской пол, наличие коморбидных состояний и этнические различия [3].

Спецификой общей смертности среди населения города атомной промышленности Озерска является хроническое воздействие ионизирующего излучения, которому подвергаются работники производственного объединения «Маяк» (ПО «Маяк») [4]. В многочисленных исследованиях доказано влияние ионизирующего излучения на риск смертности от злокачественных новообразований (ЗНО) и прочих причин [5–7], что может рассматриваться как дополнительный фактор риска, влияющий на интенсивность смертности в период пандемии.

Среди опубликованных научных работ в отечественных и зарубежных изданиях из списков, индексируемых в научно-электронных библиотеках «elibrary» и «Pubmed», недостаточно изучен вопрос сочетанного влияния заболевания COVID-19, с учетом других факторов риска, включая дозы профессионального облучения, на интенсивность смертности от всех причин в период пандемии.

Цель исследования — анализ динамики общей смертности населения города атомной промышленности Озерск в период пандемии COVID-19 в зависимости от совокупного влияния факторов риска радиационной и нерадиационной природы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведено ретроспективное когортное исследование жителей Озерского городского округа (ОГО), умерших от различных причин в период 2020–2023 гг. Для вычисления грубого показателя общей смертности использовали данные официальной статистики^{1,2} за период 2013–2023 гг. Показатель общей смертности (μ) на 1000 человек (‰) вычислялся по стандартной методике, приведенной в работе [1]. Анализ интенсивности риска смерти был выполнен в когорте лиц, доживших до даты объявления пандемии COVID-19 (11.03.2020) и умерших от всех причин в последующий трехлетний период.

Источником информации для проведения исследования являлись данные о заболеваемости и смертности от COVID-19, предоставленные Центром гигиены и эпидемиологии № 71 г. Озерска. Данные о дозе внешнего профессионального облучения для работников производственного объединения «Маяк» получены из регистра работников ПО «Маяк» [5, 6]. Функция дожития по методу Каплана – Майера для умерших от всех причин в течение периода 2020–2023 гг. вычислялась в зависимости от возраста, достигнутого на момент смерти [8]. Для характеристики достигнутого возраста на дату начала наблюдения использовали категориальную переменную, содержащую возрастные интервалы 0–19, 20–39, 40–59, 60–79, 80 лет и старше. Укрупнение возрастных интервалов использовалось в целях увеличения статистической мощности для групп с небольшим количеством наблюдений ($n < 30$).

В зависимости от наличия факта найма на основные или вспомогательные производства ПО «Маяк» в период 1948–2016 гг. население ОГО подразделяли на две категории: «население» и «персонал». Данные о величине накопленной эффективной дозы внешнего

¹ Паспорт Озерского городского округа <http://ozerskadm.ru/regulatory/passport/> (дата обращения: 22.02.2025).

² Федеральная служба государственной статистики (Росстат) <http://rosstat.gov.ru/> (дата обращения: 22.02.2025).

гамма-облучения для персонала были получены с использованием регистра персонала ПО «Маяк» [10]. Сравнительный анализ интенсивности риска смерти для различных возрастных групп населения с учетом дозы профессионального облучения проводился с использованием метода пропорциональных рисков Кокса [11]. Интенсивность смертности от всех причин (h) определяли соотношением (1):

$$h_t = h_0(t) \times e^{\beta x_i}, \quad (1)$$

где h_t — интенсивность риска смерти от всех причин в момент времени t ; $h_0(t)$ — базовая интенсивность риска смерти в момент времени t ; β_i — коэффициент регрессии; x_i — значение ковариаты, определяющей фактор риска.

Модель регрессии строили путем пошагового включения предикторов в базовую модель. Для сравнения базовой и расширенной моделей использовался тест отношения правдоподобий (Likelihood ratio test, LRT). Проверка предположения о пропорциональности рисков проводилась при помощи теста Кокса (Cox proportional hazards test), критическое значение вероятности отвержения нулевой гипотезы о том, что пропорциональность рисков нарушена, оценивали на уровне значимости 0,95. Оценку статистической значимости коэффициента регрессии проводили с использованием теста хи-квадрат Вальда (Wald's Chi-square). Проверка мультиколлинеарности параметров осуществлялась при помощи оценки фактора инфляции переменных (VIF), рассчитываемого по формуле (2):

$$VIF = \frac{1}{1 - R_j^2}, \quad (2)$$

где R_j^2 — коэффициент детерминации при регрессии j -й переменной.

Допустимое значение коэффициента мультиколлинеарности j -й переменной в модели принималось ≤ 5 . Оценка статистической значимости различий между функциями выживаемости для различных факторов риска проводилась с использованием непараметрического критерия (log-rank тест) [9]. Для принятия решения о статистической значимости различий использовался общепринятый уровень значимости $\alpha = 0,05$, соответствующий доверительному интервалу 95%. Результаты считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В ходе работы на основании данных о численности населения и количестве умерших от всех причин в Озерском городском округе и в России за период 2013–2023 гг. были вычислены грубые показатели общей смертности от всех причин (Crude Mortality Rate, CMR). Динамика изменения грубого показателя общей смертности в Озерском городском округе по сравнению с данными по России за период 2013–2023 гг. представлена на рисунке 1.

Установлено, что динамика показателя общей смертности в период 2020–2023 гг. в ОГО аналогична уровням по России в целом. При этом значения

показателя общей смертности в ОГО начиная с 2016 г. и в течение всего пандемического периода являются более высокими по сравнению с показателями по России (максимальное расхождение наблюдалось в 2021 г.: 17,2% по РФ и 18,3% по г. Озерску) (рис. 1). Превышение показателя общей смертности по г. Озерску по сравнению с данными по России при сопоставлении нестандартизованных показателей может являться следствием различий в возрастном составе населения.

Значимое превышение показателя общей смертности в ОГО относительно его среднего значения, рассчитанного для предпандемического периода (13,7%) [2], зафиксировано в течение трехлетнего периода 2020–2022 гг. Выраженное отклонение показателя смертности от всех причин в ОГО от его ожидаемого значения наблюдали в 2020 г. на уровне 16,2%, оно достигло пика (18,3%) в 2021 г. с последующим резким снижением в 2022 г. до 14,6%, вернувшись к допандемическим значениям (12,7%) в 2023 г. Полученные результаты свидетельствуют о необходимости более детального рассмотрения периода 2020–2022 гг., соответствующего максимальной пандемической активности.

Для этой цели была выделена когорта жителей ОГО, доживших до даты объявления пандемии и умерших от всех причин в течение периода 11.03.2020–31.12.2022.

Распределение изучаемой когорты по полу, возрасту, наличию заболевания COVID-19 как основной причины смерти и интервалам накопленной дозы внешнего гамма-излучения персонала представлено в таблице 1.

Представленные данные свидетельствуют о практически равном соотношении мужчин и женщин среди умерших от всех причин в пандемический период. Наибольшая доля умерших от всех причин в пандемический период (81,4%) соответствовала достигнутому возрасту старше 60 лет. Среднее значение достигнутого возраста на дату начала наблюдения составило $70,90 \pm 0,25$ года: для мужчин — $65,90 \pm 0,35$ года,

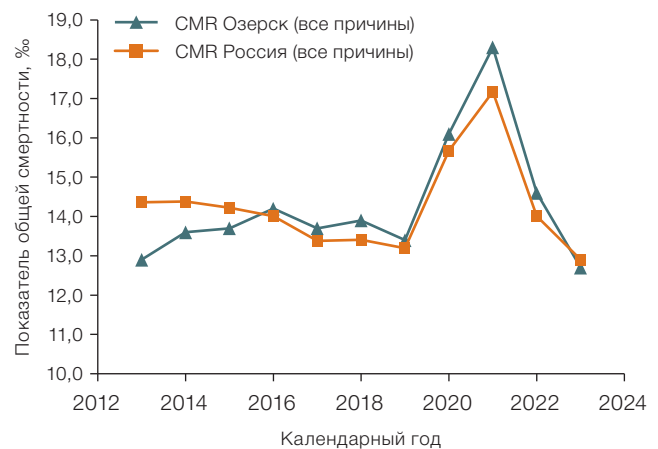


Рисунок подготовлен автором

Рис. 1. Показатели общей смертности (CMR) в России и в Озерском городском округе за период 2013–2023 гг.

Таблица 1. Характеристика когорты жителей Озерского городского округа, умерших в пандемический период, в зависимости от достигнутого возраста, пола, дозы внешнего производственного облучения и заболевания COVID-19

Параметр	Абсолютное количество	Доля, %	COVID-19 (%)*
Пол			
Мужчины	1961	49,4	459 (46,3)
Женщины	2008	50,6	532 (53,7)
Достигнутый возраст, лет			
0–19	21	0,5	3 (0,3)
20–39	188	4,7	30 (3,0)
40–59	638	16,1	135 (13,6)
60–79	1695	42,7	477 (48,1)
80+	1427	36,0	346 (34,9)
Накопленная доза, мЗв			
0	117	2,9	23 (2,3)
0–9	389	9,8	100 (10,1)
10–99	339	8,5	78 (7,9)
100+	63	1,6	14 (1,4)
Не измерялась (население)	3061	77,1	776 (78,3)
Основная причина смерти			
U07.1, U07.2	425	10,7	370 (37,3)
Прочие причины	3421	89,3	621 (62,7)
Всего	3969	100,0	991 (25,0)

Таблица составлена автором

Примечание: * — доля в % рассчитана от общего числа случаев в каждой подгруппе.

для женщин — $75,80 \pm 0,32$ года. Средний возраст смерти населения ОГО в пандемический период составил $72,50 \pm 0,32$ года: для мужчин — $67,50 \pm 0,35$ года, для женщин — $77,30 \pm 0,32$ года. Доля умерших, основной причиной смерти которых являлось заболевание COVID-19 (включая лиц с отсутствием идентификации SARS-CoV-2), составила 10,7%.

В изучаемой когорте доля случаев заболевания COVID-19, накопленных за пандемический период, составила 25% и преобладала среди женщин (53,7%). Распределение по достигнутому возрасту достигало максимума 48,1% среди лиц 60–80 лет. Суммарная доля лиц, заболевших COVID-19 в течение пандемического периода и подвергавшихся воздействию внешнего гамма-облучения, составила 21,7%. Доля лиц, обращавшихся за медицинской помощью по поводу заболевания COVID-19 в течение пандемического периода, у которых именно это заболевание стало основной причиной смерти, составила 37,2%.

Оценка интенсивности смерти от всех причин в зависимости от возраста населения ОГО выполнена при помощи функции дожития по методу Каплана – Майера для возрастных интервалов 0–39, 40–59,

60–79, 80 лет и старше. Динамика интенсивности риска смерти от всех причин среди населения ОГО по возрастным интервалам представлена на рисунке 2.

Функция дожития характеризует фактически наблюдаемую долю (%) лиц, доживших до определенного момента наблюдения в зависимости от достигнутого возраста. Данные, представленные на рисунке 2, свидетельствуют об изменении интенсивности общей смертности населения в различных возрастных группах, более выраженной в течение первых двух лет пандемического периода (2020–2021 гг.). Наименьшая интенсивность смертности от всех причин в течение всего периода пандемии была характерна для мужчин и женщин трудоспособного возраста (40–59 лет). Попарное сравнение функций дожития при помощи log-rank теста показало наличие статистически значимых различий ($p = 0,012$) для возрастных интервалов 19–39 лет (средний достигнутый возраст $34,00 \pm 0,33$ года) и 40–59 лет (средний достигнутый возраст $51,70 \pm 0,22$ года).

Количество работников ПО «Маяк», умерших в течение изучаемого периода, составило 908 (22,9%) человек. Среднее значение накопленной дозы

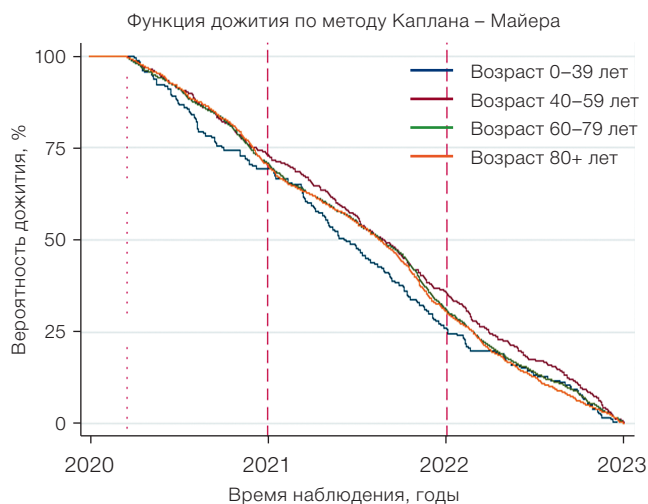


Рисунок подготовлен автором

Рис. 2. Функция дожития для различных возрастных групп населения Озерского городского округа, умерших в течение пандемического периода: точками обозначена дата 11.03.2020

внешнего гамма-облучения для работников (включая 117 человек с нулевыми измеренными дозами) составило $27,60 \pm 1,97$ мЗв (медиана 7,11 мЗв, максимум 547,05 мЗв). Функция дожития по методу Каплана – Майера была построена для категорий «население» и «персонал». Динамика интенсивности смертности от всех причин среди населения ОГО в зависимости от наличия контакта с воздействием производственного облучения представлена на рисунке 3.

Данные, представленные на рисунке 3, свидетельствуют о наблюдаемых небольших различиях в показателях интенсивности общей смертности среди персонала ПО «Маяк» по сравнению с населением во время пика распространения коронавирусной инфекции в 2021 г. Сравнение функций дожития среди персонала для маргинальных категорий накопленной дозы внешнего облучения (измеренное значение дозы 0 мЗв и лица, накопившие дозу более 100 мЗв) при помощи log-rank теста показало пограничную статистическую

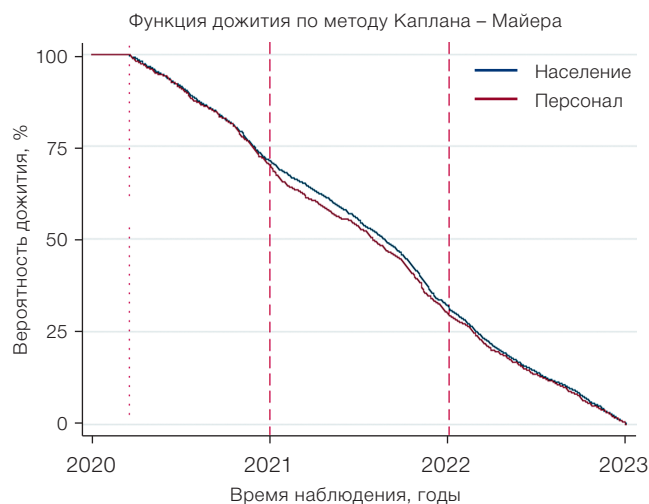


Рисунок подготовлен автором

Рис. 3. Функция дожития для умерших в Озерском городском округе в течение пандемического периода в зависимости от наличия контакта с воздействием внешнего профессионального облучения

значимость различий в интенсивности смертности от всех причин в период пандемии ($p = 0,053$).

Результаты регрессионного анализа интенсивности смертности от всех причин с учетом возраста, пола, заболевания COVID-19 и накопленной дозы внешнего гамма-облучения, выполненные в многофакторной модели регрессии Кокса, представлены в таблице 2.

Оценки параметров модели свидетельствуют о том, что влияние пола не является линейным предиктором при сравнении смертности от всех причин в период пандемии. Доза внешнего гамма-облучения, включенная в модель в виде линейного предиктора, статистически значимо влияла ($p = 0,033$) на изучаемый показатель (0,1% на 1 мЗв), при этом поправка на наличие заболевания COVID-19 (U07.X) приводила к увеличению статистической значимости полученного коэффициента ($p = 0,01$) и изменению интенсивности общей смертности на 1%. Данное наблюдение свидетельствует, что хроническое воздействие ионизирующего

Таблица 2. Результаты моделирования интенсивности смерти от всех причин с учетом возраста, пола и накопленной дозы внешнего облучения (доверительный интервал 95%)

Параметр	Коэффициент	Стандартная ошибка	p	[95% ДИ]	
Пол (мужчины)	1,064	0,034	0,062	0,997	1,137
Возраст (категории по 20 лет)	1,093	0,022	<0,001	1,050	1,138
Накопленная доза, мЗв	1,001	0,0005	0,033	1,0001	1,002
COVID-19	4,942	0,20	<0,001	4,560	5,357
Взаимодействие переменных					
COVID-19	1,424	0,228	0,027	1,041	1,948
Влияние возраста и COVID-19	1,494	0,074	<0,001	1,356	1,647
Влияние дозы и COVID-19	1,002	0,001	0,050	0,999	1,004

Таблица составлена автором

излучения у работников ПО «Маяк» являлось фактором, который в период пандемии более специфичен для причин смерти, не связанных с COVID-19.

Исходя из прогнозных оценок, полученных в модели, для персонала ПО «Маяк», облученного в дозе 27,6 мЗв (среднее значение в изучаемой когорте), интенсивность риска смерти от всех причин возрастала на 2,8% по сравнению с необлученными. Прогноз влияния величины накопленной дозы внешнего гамма-облучения на интенсивность смертности в пандемический период среди работников ПО «Маяк», нанятых на основные и вспомогательные производства в период 1948–2000 гг., представлен на рисунке 4.

Оценки риска, полученные в модели Кокса (рис. 4), показывают, что фактически накопленные уровни доз внешнего облучения работников, нанятых на производство в период с 1948 по 2010 год, и доживших до даты объявления пандемии (в среднем $27,6 \pm 1,97$ мЗв), приводили к статистически значимому, но количественно небольшому изменению показателя интенсивности риска смерти от различных причин.

В целях прогнозирования рисков было смоделировано влияние высоких доз внешнего облучения 1 Зв, характерных для начального периода эксплуатации ПО «Маяк» (с 1948 по 1957 год) на интенсивность риска смерти от всех причин в условиях пандемии. Результаты моделирования показали, что в случае, если бы все члены изучаемой когорты на дату входа под наблюдение смогли накопить дозы внешнего производственного гамма-облучения в 1 Зв (обозначено на рис. 4 пунктиром), то влияние дозы внешнего облучения на интенсивность общей смертности в период пандемии было бы сопоставимо с влиянием наличия диагноза заболевания COVID-19 (рис. 5).

Полученные результаты свидетельствуют, что заболевание COVID-19 является значимым предиктором, увеличивающим интенсивность риска смерти от всех причин среди населения ОГО, и модифицируется

влиянием дозы профессионального внешнего облучения и достигнутого возраста. Оценка прямого эффекта заболевания COVID-19 свидетельствует об увеличении изучаемого показателя в когорте в 4,9 раза при наличии у пациента по крайней мере одного случая заболевания, по поводу которого он обращался за медицинской помощью. Включение в модель взаимодействия наличия заболевания COVID-19 с достигнутым возрастом показало, что прямой эффект наличия заболевания «маскирует» влияние возраста (табл. 2). На каждые 20 лет увеличения достигнутого возраста эффект наличия заболевания COVID-19 увеличивает интенсивность риска смерти от всех причин на 49%, при этом влияние прямого эффекта остается статистически значимым, но снижается до 1,42 ($p < 0,05$).

Включение в модель взаимодействия дозы облучения персонала и заболевания COVID-19 показало, что по сравнению с интактным населением интенсивность риска смерти от всех причин у облученных, заболевших COVID-19, была выше на 0,2%, однако данный коэффициент имел пограничную статистическую значимость ($p = 0,05$), что указывает на возможную нелинейность отмеченного взаимодействия.

ОБСУЖДЕНИЕ

В проведенном исследовании не использовались данные, характеризующие динамику распространения новой коронавирусной инфекции («пандемические волны»), различия в штаммах вируса, а также количество инфицированных, перенесших заболевание в легкой форме и не обращавшихся за медицинской помощью.

Одним из мешающих факторов, влияющих на сравнительную оценку грубого показателя общей смертности с данными национальной статистики, являются различия в ожидаемой продолжительности жизни населения Озерского городского округа, и России [12].

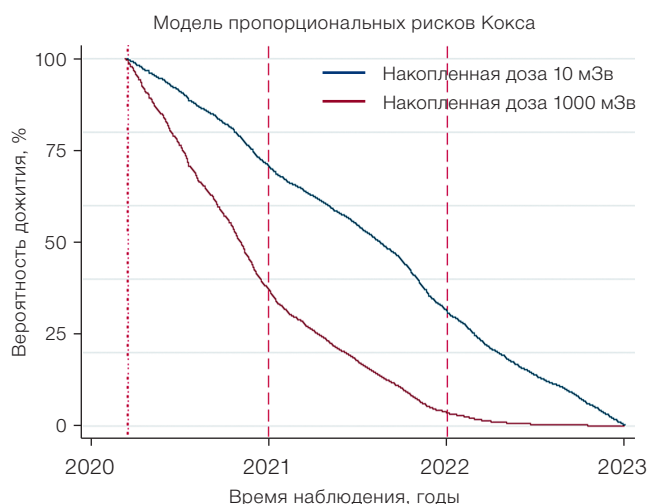


Рисунок подготовлен автором

Рис. 4. Прогнозные оценки интенсивности риска смерти от различных причин в течение пандемического периода 2020–2023 гг. для персонала ПО «Маяк» в зависимости от накопленной дозы внешнего гамма-облучения

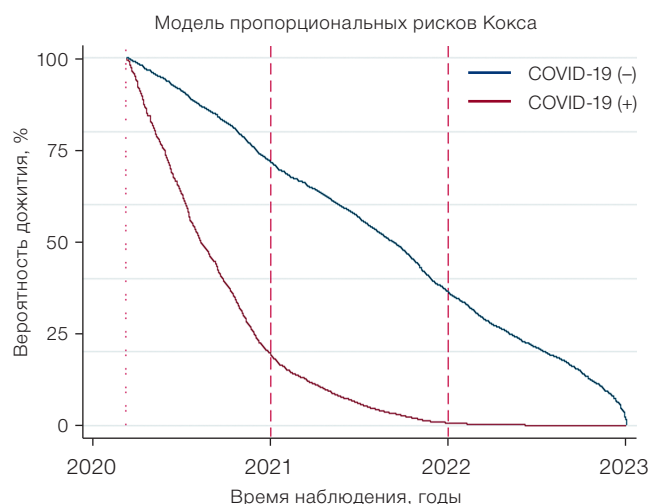


Рисунок подготовлен автором

Рис. 5. Прогнозные оценки интенсивности риска смерти от различных причин в течение пандемического периода 2020–2023 гг. в зависимости от наличия или отсутствия установленного диагноза заболевания COVID-19

Специфическим фактором риска, оказывающим влияние на интенсивность смертности от всех причин, является хроническое радиационное воздействие, которому подвергается персонал предприятия ядерно-промышленного комплекса. Влияние производственного облучения на риск смерти от различных заболеваний, помимо онкологических, является широко изучаемым в последнее время [7, 13]. Результаты настоящего исследования косвенно свидетельствуют в пользу предположения о наличии связи между влиянием ионизирующего излучения, и риском смерти неонкологических заболеваний.

Структура смертности от всех причин в пандемический период, помимо умерших непосредственно от COVID-19 как основной причины смерти (U07.1, U07.2), включает различные кластеры заболеваний, таких как злокачественные новообразования (C00–C97). Влияние облучения, рассматриваемого как потенциальная причина возникновения заболеваний у облученного персонала [5], может служить объяснением наблюдаемого увеличения интенсивности риска смерти от всех причин в исследуемой когорте после исключения из анализа умерших от COVID-19.

К возможным ограничениям настоящего исследования относится длительность периода наблюдения, который включает только первые три года с момента объявления пандемии COVID-19. Несмотря на то что официально пандемия потеряла статус чрезвычайного события в 2022 году, присутствие инфекционного агента SARS-Cov-2 в популяции [14] продолжает оставаться актуальным вопросом для наблюдения с учетом возможных отдаленных последствий COVID-19, влияние которых на риск смерти еще недостаточно изучено.

Для более глубокого понимания механизмов влияния пандемии в контексте здоровья населения и персонала предприятий ядерно-промышленного комплекса необходимо детальное рассмотрение связи радиационных факторов риска и специфических причин смерти. В частности, изучение закономерностей влияния COVID-19 на риск смерти от злокачественных новообразований является актуальным вопросом в зарубежных исследованиях [15]. С учетом повышенной вероятности развития злокачественных новообразований легкого у работников плутониевого производства [16]

в плане продолжения исследований представляет интерес изучение взаимосвязи между дозой внутреннего облучения от инкорпорированного ^{239}Pu и смертностью от рака легкого в период пандемии

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Согласно заключению Всемирной организации здравоохранения, вероятность возникновения в будущем ситуаций пандемического распространения новой коронавирусной инфекции не исключается. Исходя из этого, анализ последствий прошедшей пандемии является актуальным с точки зрения обеспечения готовности к подобным ситуациям в целях минимизации возможного ущерба здоровью населения. Результаты проведенного исследования показали, что среди населения города атомной промышленности Озерск период пандемии сопровождался изменением интенсивности риска смерти от всех причин, в зависимости от влияния различных факторов. Наиболее подверженными влиянию пандемии являлись лица молодого и пожилого возраста, а также работники, имевшие контакт с воздействием внешнего производственного облучения. Влияние наличия заболевания COVID-19 на интенсивность риска смерти от всех причин осуществлялось как по прямому, так и по опосредованному механизму. Наиболее значимым модификатором риска смерти от всех причин у заболевших COVID-19 являлся достигнутый возраст. Наряду с прямым влиянием заболевания COVID-19, возраста и дозы внешнего облучения работников ПО «Маяк» большое значение при оценке динамики общей смертности в период пандемии имеет сочетание этих факторов риска. Наличие статистически значимой модификации влияния наличия заболевания COVID-19 и дозы облучения свидетельствует о необходимости дальнейшего, более детального изучения радиобиологических закономерностей протекания патологических процессов в организме лиц, подвергавшихся сочетанному воздействию факторов риска радиационной и нерадиационной природы. Полученные результаты также представляют интерес для прогнозирования последствий возможных пандемических ситуаций и выработки эффективных стратегий по охране здоровья профессионально облученных лиц.

Литература / References

- Осипов МВ, Соколова ВА, Кушнир АС. Оценка влияния пандемии COVID-19 на общий коэффициент смертности населения Озерского городского округа. *Медицина экстремальных ситуаций*. 2022;24(2):74–80. Osipov MV, Sokolova VA, Kushnir AS. Evaluation of the impact of COVID-19 pandemic on overall mortality in Ozersk urban district. *Extreme Medicine*. 2022;24(2):74–80 (In Russ.). <https://doi.org/10.47183/mes.2022.011>
- Osipov MV, Fomin EP. Assessment of COVID-19 pandemic-related detrimental impact on the population of nuclear city population: Two-year results. *Russian Open Medical Journal*. 2023;12:e0101. <https://doi.org/10.15275/rusomj.2023.0101>
- Zhang JJ, Dong X, Liu GH, Gao YD. Risk and Protective Factors for COVID-19 Morbidity, Severity, and Mortality. *Clinical Reviews in Allergy and Immunology*. 2023;64(1):90–107. <https://doi.org/10.1007/s12016-022-08921-5>
- Новоселов ВН, Носач ЮФ, Ентяков БН. *Атомное сердце России*. Ред. Баранов СВ. Челябинск: Автограф; 2014. Novoselov VN, Nosach YuF, Entyakov BN. *Atomic heart of Russia*. Ed. Baranov SV. Chelyabinsk: Autograph, 2014 (In Russ.).
- Shilnikova NS, Preston DL, Ron E, Gilbert ES, Vassilenko EK, Romanov SA, et al. Cancer mortality risk among workers at the Mayak nuclear complex. *Radiation Research*. 2003;159(6):787–98. [https://doi.org/10.1667/0033-7587\(2003\)159\[0787:cmrawaj2.0.co:2](https://doi.org/10.1667/0033-7587(2003)159[0787:cmrawaj2.0.co:2)
- Sokolnikov M, Preston D, Gilbert E, Schonfeld S, Koshurnikova N. Radiation effects on mortality from solid

- cancers other than lung, liver, and bone cancer in the Mayak worker cohort: 1948–2008. *PLoS One*. 2015;10(2):e0117784. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0117784>
7. Moseeva MB, Azizova TV, Grigoryeva ES, Haylock R. Risks of circulatory diseases among Mayak PA workers with radiation doses estimated using the improved Mayak Worker Dosimetry System 2008. *Radiation and Environmental Biophysics*. 2014;53(2):469–77. <https://doi.org/10.1007/s00411-014-0517-x>
 8. Gomes AP, Costa B, Marques R, Nunes V, Coelho C. Kaplan–Meier Survival Analysis: Practical Insights for Clinicians. *Acta Medica Portuguesa*. 2024;37(4):280–5. <https://doi.org/10.20344/amp.21080>
 9. Singh R, Mukhopadhyay K. Survival analysis in clinical trials: Basics and must know areas. *Perspectives in Clinical Research*. 2011;2(4):145–8. <https://doi.org/10.4103/2229-3485.86872>
 10. Koshurnikova NA, Shilnikova NS, Okatenko PV. Characteristics of the cohort of workers at the Mayak nuclear complex. *Radiation Research*. 1999;152(4):352–63.
 11. Deo SV, Deo V, Sundaram V. Survival analysis—part 2: Cox proportional hazards model. *Indian Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2021;37(2):229–33. <https://doi.org/10.1007/s12055-020-01108-7>
 12. Тельнов ВИ, Третьяков ФД. Динамика возрастнo-половой структуры населения г. Озерска (1953–2008 годы). *Медицина экстремальных ситуаций*. 2009;4:108–22.
 13. Telnov VI, Tretyakov FD. Dynamics of age and sex structure of the population of Ozersk (1953–2008). *Extreme Medicine*. 2009;4:108–22 (In Russ.).
 14. Azizova TV, Muirhead CR, Moseeva MB, Grigoryeva ES, Sumina MV, O'Hagan J, et al. Cerebrovascular diseases in nuclear workers first employed at the Mayak PA in 1948–1972. *Radiation and Environmental Biophysics*. 2011;50(4):539–52. <https://doi.org/10.1007/s00411-011-0377-6>
 15. Otto SP, Day T, Arino J, Colijn C, Dushoff J, Li M, et al. The origins and potential future of SARS-CoV-2 variants of concern in the evolving COVID-19 pandemic. *Current Biology*. 2021;31:R918–29. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2021.06.049>
 16. Chavez-MacGregor M, Lei X, Zhao H, Scheet P, Giordano SH. Evaluation of COVID-19 Mortality and Adverse Outcomes in US Patients with or without Cancer. *JAMA Oncology*. 2022;8(1):69–78. <https://doi.org/10.1001/jamaoncol.2021.5148>
 17. Stram DO, Sokolnikov M, Napier BA, Vostrotin VV, Efimov A, Preston DL. Lung Cancer in the Mayak Workers Cohort: Risk Estimation and Uncertainty Analysis. *Radiation Research*. 2021;195(4):334–46. <https://doi.org/10.1667/RADE-20-00094.1>

Вклад автора. Автор подтверждает соответствие своего авторства критериям ICMJE. Исследование выполнено автором лично в полном объеме.

Об авторе:

Осипов Михаил Викторович, канд. мед. наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0732-0379>