

© Коллектив авторов, 2023
УДК 613.6:616-053.9

Возрастная динамика риска COVID-19 разной степени выраженности у работников здравоохранения и промышленных предприятий

Г.А. Сорокин¹, Н.Д. Чистяков¹, М.П. Чернышева², М.Н. Кирьянова¹¹ ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора,
2-я Советская ул., д. 4, 191036, Санкт-Петербург, Российская Федерация² ЧОУ ВО «Санкт-Петербургский медико-социальный институт»,
Кондратьевский пр., д. 72, лит. А, 195009, Санкт-Петербург, Российская Федерация

Резюме

Введение. Актуальность для общественного здоровья вопроса уязвимости человека в разном возрасте к воздействию факторов окружающей среды, в частности к биологическому фактору, включая вирусные инфекции, обусловлена старением населения и требованиями учета индивидуальных характеристик для более точной оценки рисков.

Цель: установление закономерностей возрастной динамики рисков COVID-19 разной степени выраженности у работников организаций здравоохранения и промышленных предприятий.

Материалы и методы. Анализировалась частота и степень выраженности COVID-19 за 2021–2022 годы у 729 работников здравоохранения и 880 работников промышленных предприятий. В каждой возрастной группе определялся риск COVID-19 легкой, средней и тяжелой степени. Возрастная динамика риска COVID-19 характеризовалась его изменением при увеличении возраста работников на 1 год.

Результаты. Распространенность случаев COVID-19 среди работников здравоохранения в 1,6 раза выше, чем у работников промышленных предприятий. Установлены закономерности возрастной динамики риска COVID-19 разной степени тяжести у работников здравоохранения и промышленных предприятий. При легкой степени выраженности риск аппроксимируется регрессиями: здравоохранение $R_1^1 (\%) = -0,15 \times (\text{Возраст} - 20, \text{ лет}) + 34,06$; промпредприятия $R_1^1 (\%) = -0,24 \times (\text{Возраст} - 20) + 27,21$. При средней и тяжелой степени: в здравоохранении $R_1^{2,3} (\%) = 0,23 \times (\text{Возраст} - 20) + 2,46$; промпредприятия $R_1^{2,3} (\%) = 0,14 \times (\text{Возраст} - 20) - 1,29$.

Выводы. В разных возрастных группах относительный риск заболеваемости COVID-19 в легкой форме у работников здравоохранения в 1,2–2,1 раза выше, чем у работников промышленности; средней и тяжелой степени – в 3–9 раз. Направленность возрастной динамики популяционного риска заболеваемости COVID-19 зависит от степени тяжести заболевания. При легкой степени увеличение возраста на 1 год сопровождается уменьшением риска заболевания в среднем на 0,15 % у работников здравоохранения и на 0,24 % у работников промышленности. При средней и тяжелой степени увеличение возраста на 1 год сопровождается возрастанием риска COVID-19 на 0,23 % у работников здравоохранения и на 0,14 % у работников промышленности.

Ключевые слова: возрастная уязвимость, COVID-19, возрастная динамика риска, регрессионные модели риска, работники здравоохранения, работники промышленных предприятий.

Для цитирования: Сорокин Г.А., Чистяков Н.Д., Чернышева М.П., Кирьянова М.Н. Возрастная динамика риска COVID-19 разной степени выраженности у работников здравоохранения и промышленных предприятий // Здоровье населения и среда обитания. 2023. Т. 31. № 5. С. 78–84. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-5-78-84>

Age-Specific Dynamics of Risks of COVID-19 of Different Severity among Healthcare and Industrial Workers

Gennady A. Sorokin,¹ Nikolay D. Chistyakov,¹ Marina P. Chernysheva,² Marina N. Kir'yanova¹¹ Northwest Public Health Research Center, 4, 2nd Sovetskaya Street, Saint Petersburg, 191036, Russian Federation² St. Petersburg Medical and Social Institute, 72A, Kondratievsky Avenue,
Saint Petersburg, 195009, Russian Federation

Summary

Introduction: The relevance of the issue of human age-specific vulnerability to effects of environmental factors, especially biological agents, including viral infections, for public health is attributed to the aging of the population and the requirements for considering individual characteristics for a more accurate risk assessment.

Objective: To establish age-specific patterns of the COVID-19 risk among healthcare and industrial workers.

Materials and methods: We have analyzed the incidence and course of COVID-19 among 729 healthcare workers and 880 industrial workers in 2021–2022. The risk of mild, moderate and severe course of COVID-19 was determined in each age group. The age-specific dynamics of the COVID-19 risk was characterized by its change per year of age of the employees.

Results: We established that the incidence of COVID-19 among healthcare workers was 1.6 times higher than among industrial workers. We also observed regularities of the age-specific dynamics of risk of COVID-19 of different severity among healthcare and industrial workers. For the mild course of the disease, the risk was approximated by the following regressions: healthcare $R_1^1 (\%) = -0,15 \times (\text{Age} - 20, \text{ years}) + 34,06$; industry $R_1^1 (\%) = -0,24 \times (\text{Age} - 20) + 27,21$. For the moderate and severe course, the regressions were as follows: healthcare $R_1^{2,3} (\%) = 0,23 \times (\text{Age} - 20) + 2,46$; industry $R_1^{2,3} (\%) = 0,14 \times (\text{Age} - 20) - 1,29$.

Conclusions: In different age groups, the relative risk of a mild course of COVID-19 in healthcare workers is 1.2–2.1 times higher than in industrial workers while that of a moderate and severe course is already 3 to 9 times higher. The direction of the age-specific COVID-19 risk depends on the disease severity. As for the mild course, a one-year increase in age is associated with a decrease in the disease risk by an average of 0.15 % in healthcare workers and 0.24 % in industrial workers. As for the moderate and severe courses, a one-year increase in age is associated with an increase in the COVID-19 risk by 0.23 % and 0.14 % in healthcare and industrial workers, respectively.

Keywords: age-specific vulnerability, COVID-19, age-related risk dynamics, regression risk models, healthcare workers, industrial workers.

For citation: Sorokin GA, Chistyakov ND, Chernysheva MP, Kir'yanova MN. Age-specific dynamics of risks of COVID-19 of different severity among healthcare and industrial workers. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2023;31(5):78–84. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-5-78-84>

Введение. Причиной актуальности для общественного здоровья вопроса уязвимости человека в разном возрасте к воздействию факторов окружающей среды, в частности к биологическому фактору, включая вирусные инфекции, являются старение населения, увеличение пенсионного возраста и требования учета индивидуальных характеристик для более точной оценки рисков. Возраст является единым параметром для изучения всех аспектов экологической уязвимости человека. Данные о количественных закономерностях связи воздействия вредных факторов среды обитания и, в частности, производственной среды с возрастом человека необходимы для обоснования здоровьесберегающей политики государства на основе полноценных прогнозных моделей экологических рисков¹. Систематические исследования этих закономерностей отсутствуют, несмотря на давнее признание актуальности возрастного аспекта уязвимости человека к факторам среды обитания, имеющего решающее значение для продления трудовой деятельности работников старших возрастов². Специальные гигиенические требования к факторам производственной среды работников старших возрастных групп трудовым законодательством не установлены за исключением нормирования искусственного освещения. Вместе с тем фрагментарно рассмотрены вопросы возрастной уязвимости к физическим факторам (шум [1], пыль [2], электромагнитное излучение [3–6]), к неблагоприятному климату³ [7], загрязнителям воздуха [8–11], токсическим веществам («возрастная токсикология» [12]). Эпидемия COVID-19 представляет собой «природный эксперимент», позволяющий изучать количественные закономерности возрастной уязвимости к биологическому фактору – опасные вирусные инфекции. Закономерность увеличения возрастной восприимчивости человека к действию вирусной инфекции как биологическому фактору определяется ослаблением функций иммунной системы в старших возрастных группах («старение иммунной системы» [13, 14]). Многочисленные публикации об увеличении с возрастом уязвимости работников к COVID-19 относятся к летальному исходу. Установлено, что смертность от COVID-19 в старших возрастах в несколько раз выше, чем в средних возрастах⁴. Вместе с тем наше 15-летнее наблюдение за частотой заболеваний с временной утратой трудоспособности в одной и той же группе работников выявило возрастную тенденцию снижения риска острой инфекционной заболеваемости (респираторные заболевания, кишечные инфекции [15]). Выбор работников здравоохранения в качестве основного объекта настоящего исследования обусловлен очевидным повышенным риском заболевания COVID-19 в силу их прямых контактов

с пациентами как источниками инфекции [16–20]. Материалы публикации являются фрагментом исследования возрастной уязвимости человека к факторам производственной среды, проводимой в рамках НИР «Прогнозирование возрастной динамики индивидуальных и популяционных рисков под воздействием производственных факторов» научно-исследовательской программы Роспотребнадзора на 2021–2025 гг.

Целью исследования было установить закономерности возрастной динамики рисков COVID-19 разной степени выраженности среди работников организаций здравоохранения и промышленных предприятий.

Материалы и методы. Использовались результаты медицинского осмотра в 2021–2022 гг. работающего населения Санкт-Петербурга (СПб): 729 работников здравоохранения (597 – женщины, 82 %) и 880 работников промышленных предприятий (106 – женщины, 12 %), проведенного согласно приказу Минздрава РФ от 28.01.2021 № 29н. Эти профессиональные группы выбраны по следующим причинам: 1) работники здравоохранения – как наиболее подверженные риску заражения COVID-19 [16–20] и 2) работники промышленных предприятий (обработка материалов, энергетика, строительство, транспорт) – как наиболее многочисленная группа в структуре занятости населения СПб (35,5 %). Учитывались данные о наличии у работников следующих групп хронических заболеваний: сердечно-сосудистой системы, эндокринной системы, системы крови, инфекционных заболеваний. У работников, болевших в 2021–2022 гг. COVID-19, степень ее выраженности была установлена в специализированных медучреждениях по результатам клинических обследований, включая анализ течения заболевания, согласно методическим рекомендациям⁵: 1) легкое течение, 2) среднетяжелое течение, 3) тяжелое течение. Степень выраженности заболевания COVID-19 регистрировалась в выданной работнику справке.

В каждой возрастной группе (20–24 лет, 25–29 лет, 30–34 года, 70–74 года) риск COVID-19 определялся по формуле:

$$R_i (\%) = 100 \times K_i^j / K, \text{ где:}$$

$R_i^j (\%)$ – риск (частота) случаев заболеваний COVID-19 j -й степени тяжести (1 – легкая, 2 – средняя, 3 – тяжелая) в i -й возрастной группе.

K_i^j – количество человек в i -й возрастной группе работников, перенесших заболевание COVID-19, j -й степени тяжести.

В пяти возрастных группах (20–29, 30–39, 40–49, 50–59, 60–69 лет) определялся относительный риск (RR) заболеваний COVID-19 у работников здравоохранения в сравнении с работниками промышленности.

¹ Аналитическая записка: влияние COVID-19 на пожилых людей. [Электронный ресурс] Режим доступа: https://www.un.org › files › old_persons_russian (дата обращения: 08.02.2023).

² Гигиеническое нормирование факторов производственной среды и трудового процесса / Под ред. Н.Ф. Измерова и А.А. Каспарова. М.: Медицина, 1986. 239 с.

³ Encyclopaedia of Occupational Health and Safety. Geneva: International Labour Office; 1983.

⁴ Щербакова Е. Старение населения мира – взгляд из 2020 года // Demoscop. Weekly. № 879–880 23 ноября–6 декабря 2020. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.demoscope.ru/weekly/2020/0879/barom02.php> (дата обращения: 08.02.2023).

⁵ Временные методические рекомендации «Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции (COVID-19)». Версия 17 (14.12.2022).

Рассчитывался 95 % доверительный интервал RR. Рассчитывались коэффициенты регрессии

$$R_i^j (\%) = K_i^j \times B - 20 (\text{лет}) + \text{Const}, \text{ где:}$$

K_i^j – коэффициент, характеризующий направленность (возрастание или уменьшение) и величину изменения R_i^j при увеличении возраста работника на 1 год; B – возраст работника (лет); Const – величина R_i^j в возрасте 20 лет.

Результаты. В табл. 1 и 2 представлены по-возрастные данные о количестве обследованных работников здравоохранения и промышленных предприятий, не болевших и болевших COVID-19 легкой, средней и тяжелой форм.

Исходя из этих данных, проведен анализ возрастной динамики риска COVID-19 разной степени выраженности, результаты которого иллюстрирует рисунок.

Регрессионный анализ возрастного тренда риска COVID-19 разной степени тяжести у работников здравоохранения и промышленных предприятий выявил следующие зависимости.

Легкая степень тяжести:

$$R_i^1 (\%) = -0,15 \times (\text{Возраст} - 20) + 34,06 \quad (1)$$

$$R_i^1 (\%) = -0,24 \times (\text{Возраст} - 20) + 27,21 \quad (2)$$

$$R_i^{2,3} (\%) = 0,23 \times (\text{Возраст} - 20) + 2,46 \quad (3)$$

$$R_i^{2,3} (\%) = 0,14 \times (\text{Возраст} - 20) - 1,29 \quad (4)$$

Данные табл. 1 и 2 позволили оценить риск COVID-19 разной степени тяжести среди работников здравоохранения путем сравнения с работниками промышленных предприятий. Результаты сравнения показаны в табл. 3. Риск R_i в каждой возрастной группе работников промышленных предприятий принимался за 1.

Анализ результатов, представленных в табл. 3, свидетельствует о повышении уязвимости к COVID-19 у работников начиная с возраста 30 лет. При этом ее пик, отраженный в резком росте числа всех форм заболеваний, особенно средней и тяжелой

Таблица 1. Количество работников здравоохранения, заболевших COVID-19 разной степени выраженности в разных возрастных группах

Table 1. Age distribution of healthcare workers who have recovered from COVID-19 of different severity

Возраст, лет / Age range, years	Всего в группе / Group size, n	Число болевших / Number of cases	Степень выраженности COVID-19 / COVID-19 course		
			Легкая / Mild	Средняя / Moderate	Тяжелая / Severe
20–24	9	3	3	0	0
25–29	42	16	16	0	0
30–34	55	21	18	3	0
35–39	71	27	21	6	0
40–44	76	25	17	8	0
45–50	92	33	24	9	0
50–54	86	35	25	3	7
55–59	101	52	32	16	4
60–64	105	37	24	11	2
65–69	52	24	20	3	1
70–74	40	10	8	1	1

Таблица 2. Распределение в разных возрастных группах работников предприятий промышленности, заболевших COVID-19 разной степени выраженности

Table 2. Age distribution of industrial workers who have recovered from COVID-19 of different severity

Возраст, лет / Age range, years	Всего в группе / Group size, n	Число болевших / Number of cases	Степень выраженности COVID-19 / COVID-19 course		
			Легкая / Mild	Средняя / Moderate	Тяжелая / Severe
20–24	7	5	2	0	0
25–29	54	14	14	0	0
30–34	156	34	32	2	0
35–39	152	36	33	2	1
40–44	107	32	30	2	0
45–50	91	18	13	4	1
50–54	81	16	15	0	1
55–59	111	21	18	1	2
60–64	91	23	21	2	0
65–69	31	6	5	1	0
70–74	8	2	1	1	0

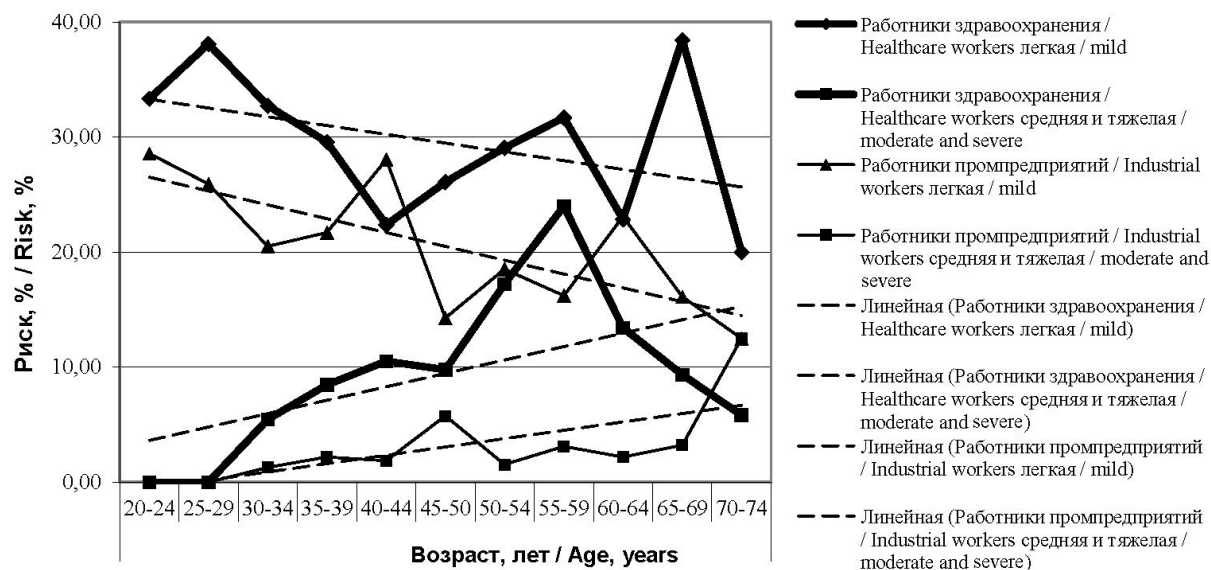


Figure. Возрастная динамика риска COVID-19 разной степени выраженности в возрастных группах работников здравоохранения и предприятий промышленности

Рисунок. Age-specific dynamics of the risk of COVID-19 of different severity in healthcare and industrial workers

степени, отмечен для возрастной группы в 50–59 лет, соответствующей у женщин (большая часть группы) пре- и постклимактерическому периоду. Это позволяет предположить роль эндогенного гормонального стресса в увеличении риска заболевания и степени его тяжести. Оценка гендерных различий риска заболевания COVID-19 в каждой из профессиональных групп могла бы помочь в решении этого вопроса. Однако различия оказались недостоверными (табл. 4 и 5).

Без учета степени тяжести заболевания регрессии имеют вид:

– здравоохранение:

$$R_i (\%) = 0,12 \times (\text{Возраст} - 20) + 37,86 \quad (5)$$

– промпредприятия:

$$R_i (\%) = -0,07 \times (\text{Возраст} - 20) + 28,14 \quad (6)$$

Статистические ошибки коэффициентов возрастной динамики составили: $0,12 \pm 0,14$ и $-0,07 \pm 0,11$.

Вместе с тем величины относительного риска COVID-19 у работников с выявленными при медицинском обследовании патологиями различались и были максимальными при хронических заболеваниях эндокринной системы (табл. 6).

Таблица 3. Относительный риск COVID-19 разной степени тяжести у работников здравоохранения в сравнении с работниками промышленных предприятий

Table 3. Relative risk of COVID-19 of different severity in healthcare workers compared to industrial workers

Возрастной диапазон, лет / Age range, years	Степень тяжести заболевания / Disease course	
	Легкая / Mild	Средняя и тяжелая / Moderate and severe
	Относительный риск RR (доверительный диапазон RR) / Relative risk (CI)	
20–29	1,42 (0,82–2,47)	Случаев COVID-19 не было / Null cases of COVID-19
30–39	1,55 (1,11–2,17)	5,02 (1,73–14,59)
40–49	1,22 (0,84–1,77)	2,96 (1,27–6,92)
50–59	2,07 (1,42–3,00)	9,17 (3,32–25,39)
60–69	1,32 (0,89–1,98)	4,81 (1,46–15,93)

Таблица 4. Риск заболевания COVID-19 среди мужчин и женщин разного возраста, занятых в организациях здравоохранения и на промышленных предприятиях

Table 4. COVID-19 risks among healthcare and industrial male and female workers of different age

Возрастной диапазон, лет / Age range, years	Женщины / Women			Мужчины / Men		
	Обследовано человек / Examined, n	Риск R, % / Risk, %	Статистическая ошибка R / Statistical error	Обследовано человек / Examined, n	Риск R, % / Risk, %	Статистическая ошибка R / Statistical error
20–29	82	42,00	7,05	137	28,36	5,55
30–39	111	30,19	6,37	238	28,22	3,54
40–49	285	33,54	3,70	308	31,46	3,19
50–59	293	45,99	3,65	268	26,50	3,13
60–69	236	41,92	3,83	159	26,89	4,08

Таблица 5. Риск заболевания COVID-19 среди мужчин и женщин, занятых в организациях здравоохранения и на промышленных предприятиях**Table 5. COVID-19 risks among healthcare and industrial male and female workers**

Сфера занятости / Employment area	Пол / Sex	Риск (частота) COVID-19 (все степени тяжести) / Risk (frequency) of COVID-19 (all degrees of severity)	Статистическая ошибка / Statistical error
Здравоохранение / Healthcare	Женщины / Female	40,2 %	2,0 %
	Мужчины / Male	50,0 %	4,6 %
Промышленные предприятия / Industry	Женщины / Female	32,1 %	4,6 %
	Мужчины / Male	25,4 %	1,5 %

Таблица 6. Относительный риск COVID-19 при наличии у работников в возрасте более 34 лет некоторых хронических заболеваний**Table 6. Relative risk of COVID-19 in workers aged 34+ having some chronic diseases**

Заболевания / Diseases	Относительный риск RR COVID-19 / Relative risk of COVID-19	Доверительный диапазон RR / RR confidence interval
Эндокринные / Endocrine	1,58	1,36–1,83
Крови / Hematologic	1,11	0,80–1,54
Инфекционные / Infectious	0,99	0,73–1,34
Сердечно-сосудистые / Cardiovascular	0,93	0,79–1,11

Обсуждение. Как следует из данных, приведенных на рисунке, направленность возрастной динамики риска COVID-19 зависит от степени тяжести заболевания. При легкой форме в возрастной динамике прослеживается тенденция снижения риска заболевания как у работников здравоохранения, так и у работников промышленных предприятий: регрессии 1 и 2. Средний погодовой темп снижения риска COVID-19 находится в диапазоне –0,15 ... –0,24 %, что близко для величин возрастного тренда снижения риска заболеваемости с временной утратой трудоспособности (–0,36 %) по причине острых респираторных инфекций [15]. В отличие от этой закономерности возрастная динамика средней и тяжелой степени заболевания характеризуется возрастанием риска COVID-19 в обеих сферах занятости работников. Полученные данные о различии возрастной динамики риска COVID-19 разной степени тяжести характеризуют разные физиологические процессы: риск заболеваемости в легкой форме характеризует восприимчивость организма (susceptibility), его способность реагировать на инфицирование, риск заболевания больших степеней выраженности показывает уязвимость организма (vulnerability), повышение вероятности негативного исхода при инфицировании.

В целом обобщенно для всех степеней тяжести распространенность случаев COVID-19 среди работников здравоохранения выше, чем у работников промышленных предприятий: соответственно $41,9 \pm 1,8$ и $26,0 \pm 1,4$ %. Этот повышенный риск обусловлен большей частотой и длительностью контактов работников здравоохранения с инфицированными лицами, чем работников промышленных предприятий. В возрастной динамике заболеваний в обеих группах работников не наблюдается статистически достоверная положительная или отрицательная направленность COVID-19 всех степеней тяжести заболевания (регрессии 5 и 6). Статистические ошибки равны коэффициенту возрастной динамики риска (регрессия 5) или превышают его (регрессия 6).

Анализ относительного риска COVID-19 разной степени тяжести у работников здравоохранения в сравнении с работниками промышленности показал следующее (табл. 3): у работников здравоохранения относительный риск заболеваемости в легкой форме выше, чем у работников промышленных предприятий, в 1,22–2,07 раза, а риск более тяжелых заболеваний – в 2,96–9,17 раза. При этом наибольшие различия наблюдаются у работников предпенсионного возраста 50–59 лет.

Наибольшие и статистически достоверные различия величин рисков заболевания COVID-19 (более 70 %, табл. 4) среди мужчин и женщин наблюдаются в возрасте 50–59 лет. Что связано с гормональной перестройкой организма женщин в этот период. Пик частоты заболеваемости COVID-19 в этом возрасте среди работников здравоохранения (рисунок) обусловлен тем, что более 85 % персонала составляют женщины.

Выявленные различия величин рисков заболевания COVID-19 среди мужчин и женщин, занятых в организациях здравоохранения и на промышленных предприятиях, не являются статистически достоверными ($p > 0,05$), табл. 4.

Анализ связи COVID-19 с хроническими заболеваниями, установленными у работников при медосмотре, выявил достоверную связь только с нарушением показателей эндокринной системы (табл. 5). Вместе с тем, несмотря на повышение риска COVID-19 при эндокринных нарушениях и на зависимость этих рисков от возраста работника, связи возрастной динамики риска COVID-19 с наличием эндокринных расстройств не выявлено.

Выводы

1. Полученные данные о риске заболеваемости COVID-19 являются важным элементом изучения возрастной уязвимости человека к вредным биологическим факторам среды обитания.

2. Распространенность случаев COVID-19 среди работников здравоохранения в 1,6 раза выше, чем у работников промышленных предприятий: соответственно $41,9 \pm 1,8$ % и $26,0 \pm 1,4$ %.

3. В разных возрастных группах относительный риск заболеваемости COVID-19 легкой формы у работников здравоохранения в 1,2–2,1 раза выше, чем у работников промпредприятий, а риск заболеваний средней и тяжелой степени – в 3–9 раз.

4. Направленность возрастной динамики популяционного риска заболеваемости COVID-19 зависит от степени тяжести заболевания. При легкой степени увеличение возраста на 1 год сопровождается уменьшением риска заболевания в среднем на 0,15 % у работников здравоохранения и на 0,24 % у работников промышленности. При средней и тяжелой степени увеличение возраста на 1 год сопровождается возрастанием риска: на 0,23 % у работников здравоохранения и на 0,14 % у работников промышленности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- van Kamp I, Davies H. Noise and health in vulnerable groups: a review. *Noise Health*. 2013;15(64):153-159. doi: 10.4103/1463-1741.112361
- Сорокин Г.А., Чистяков Н.Д., Шилов В.В. Возрастная уязвимость работников к факторам производственной среды // Гигиена и санитария. 2021. Т. 100. № 8. С. 807–811. doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-8-807-811
- Сорокин Г.А., В.П. Плеханов, Н.Д. Чистяков Н.Д. Возрастная уязвимость работоспособности и самочувствия человека к факторам среды обитания // Материалы XVII Всероссийского конгресса «Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения». 2022. Т. 17. Ч. 1. С. 356–370.
- Redmayne M, Johansson O. Radiofrequency exposure in young and old: different sensitivities in light of age-relevant natural differences. *Rev Environ Health*. 2015;30(4):323-335. doi: 10.1515/reveh-2015-0030
- Baliatsas C, Bolte J, Yzermans J, et al. Actual and perceived exposure to electromagnetic fields and non-specific physical symptoms: an epidemiological study based on self-reported data and electronic medical records. *Int J Hyg Environ Health*. 2015;218(3):331-344. doi: 10.1016/j.ijheh.2015.02.001
- Rubik B, Brown RR. Evidence for a connection between coronavirus disease-19 and exposure to radiofrequency radiation from wireless communications including 5G. *J Clin Transl Res*. 2021;7(5):666-681.
- Paavola J. Health impacts of climate change and health and social inequalities in the UK. *Environ Health*. 2017;16(Suppl 1):113. doi: 10.1186/s12940-017-0328-z
- Simoni M, Baldacci S, Maio S, Cerrai S, Sarno G, Viegi G. Adverse effects of outdoor pollution in the elderly. *J Thorac Dis*. 2015;7(1):34-45. doi: 10.3978/j.issn.2072-1439.2014.12.10
- Bell ML, Zanobetti A, Dominici F. Evidence on vulnerability and susceptibility to health risks associated with short-term exposure to particulate matter: a systematic review and meta-analysis. *Am J Epidemiol*. 2013;178(6):865-876. doi: 10.1093/aje/kwt090
- Bell ML, Zanobetti A, Dominici F. Who is more affected by ozone pollution? A systematic review and meta-analysis. *Am J Epidemiol*. 2014;180(1):15-28. doi: 10.1093/aje/kwu115
- Costa LG, Cole TB, Dao K, Chang YC, Garrick JM. Developmental impact of air pollution on brain function. *Neurochem Int*. 2019;131:104580. doi: 10.1016/j.neuint.2019.104580
- Costa LG, Cole TB, Dao K, Chang YC, Coburn J, Garrick JM. Effects of air pollution on the nervous system and its possible role in neurodevelopmental and neurodegenerative disorders. *Pharmacol Ther*. 2020;210:107523. doi: 10.1016/j.pharmthera.2020.107523
- Сорокин Г.А., Шилов В.В. Оценка годового прироста риска нарушения здоровья работников при высокой интенсивности труда // Гигиена и санитария. 2020. № 6. С. 618–623. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2020-99-6-618-623>
- Парахонский А.П. Старение иммунной системы // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2011. № 6. С. 73–74.
- Сорокин Г.А. Методология определения оптимальной продолжительности рабочего дня и недели на основе хронобиологии работоспособности и утомления: Дис. ... докт. биол. наук. 2020. 318 с. Доступно по: <https://www.dissercat.com/content/metodologiya-opredeleniya-optimalnoi-prodolzhitelnosti-rabochego-dnya-i-nedeli-na-osnove-khr>. Ссылка активна на 25 мая 2023.
- Sigahi TFAC, Kawasaki BC, Bolis I, Morioka SN. A systematic review on the impacts of COVID-19 on work: Contributions and a path forward from the perspectives of ergonomics and psychodynamics of work. *Hum Factors Ergon Manuf*. 2021;31(4):375-388. doi: 10.1002/hfm.20889
- Žaja R, Kerner I, Macan J, Milošević M. Characteristics of work-related COVID-19 in Croatian healthcare workers: a preliminary report. *Arh Hig Rada Toksikol*. 2021;72(1):36-41. doi: 10.2478/aiht-2021-72-3530
- Mihai AM, Barben J, Dipanda M, et al. Analysis of COVID-19 in professionals working in geriatric environment: Multicenter prospective study. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(18):9735. doi: 10.3390/ijerph18189735
- Ochoa-Leite C, Bento J, Rocha DR, et al. Occupational management of healthcare workers exposed to COVID-19. *Occup Med (Lond)*. 2021;71(8):359-365. doi: 10.1093/occmed/kqab117
- Сорокин Г.А., Чистяков Н.Д., Чернышева М.Н., Чалкина О.Н. Профессионально обусловленные нарушения суточного ритма и риск COVID-19 у медицинских работников. Социальные аспекты здоровья населения. 2022. № 1 (68). doi: 10.21045/2071-5021-2021-68-1-2

REFERENCES

- van Kamp I, Davies H. Noise and health in vulnerable groups: a review. *Noise Health*. 2013;15(64):153-159. doi: 10.4103/1463-1741.112361
- Sorokin GA, Chistyakov ND, Shilov VV. Age-related vulnerability of employees to factors of the occupation environment. *Gigiena i Sanitariya*. 2021;99(8):807-811. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-8-807-811
- Sorokin GA, Plekhanov VP, Chistyakov ND. [Age-related vulnerability of a person's working capacity and well-being to environmental factors.] *Zdorov'e – Osnova Chelovecheskogo Potentsiala: Problemy i Puti Ikh Resheniya*. 2022;17(1):356-370. (In Russ.)
- Redmayne M, Johansson O. Radiofrequency exposure in young and old: different sensitivities in light of age-relevant natural differences. *Rev Environ Health*. 2015;30(4):323-335. doi: 10.1515/reveh-2015-0030
- Baliatsas C, Bolte J, Yzermans J, et al. Actual and perceived exposure to electromagnetic fields and non-specific physical symptoms: an epidemiological study based on self-reported data and electronic medical records. *Int J Hyg Environ Health*. 2015;218(3):331-344. doi: 10.1016/j.ijheh.2015.02.001
- Rubik B, Brown RR. Evidence for a connection between coronavirus disease-19 and exposure to radiofrequency radiation from wireless communications including 5G. *J Clin Transl Res*. 2021;7(5):666-681.

7. Paavola J. Health impacts of climate change and health and social inequalities in the UK. *Environ Health*. 2017;16(Suppl 1):113. doi: 10.1186/s12940-017-0328-z
8. Simoni M, Baldacci S, Maio S, Cerrai S, Sarno G, Viegi G. Adverse effects of outdoor pollution in the elderly. *J Thorac Dis*. 2015;7(1):34-45. doi: 10.3978/j.issn.2072-1439.2014.12.10
9. Bell ML, Zanobetti A, Dominici F. Evidence on vulnerability and susceptibility to health risks associated with short-term exposure to particulate matter: a systematic review and meta-analysis. *Am J Epidemiol*. 2013;178(6):865-876. doi: 10.1093/aje/kwt090
10. Bell ML, Zanobetti A, Dominici F. Who is more affected by ozone pollution? A systematic review and meta-analysis. *Am J Epidemiol*. 2014;180(1):15-28. doi: 10.1093/aje/kwu115
11. Costa LG, Cole TB, Dao K, Chang YC, Garrick JM. Developmental impact of air pollution on brain function. *Neurochem Int*. 2019;131:104580. doi: 10.1016/j.neuint.2019.104580
12. Costa LG, Cole TB, Dao K, Chang YC, Coburn J, Garrick JM. Effects of air pollution on the nervous system and its possible role in neurodevelopmental and neurodegenerative disorders. *Pharmacol Ther*. 2020;210:107523. doi: 10.1016/j.pharmthera.2020.107523
13. Sorokin GA, Shilov VV. Dynamics of indices of the workers' health in different labor intensity. *Gigiena i Sanitariya*. 2020;99(6):618-623. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2020-99-6-618-623
14. Parakhonsky AP. [Aging of the immune system.] *Mezhdunarodnyy Zhurnal Prikladnykh i Fundamental'nykh Issledovaniy*. 2011;(6-1):73-74. (In Russ.)
15. Sorokin GA. [Methodology for determining the optimal duration of the working day and week based on chronobiology of performance and fatigue.] Dr. Sci. (Biol.) thesis. N.F. Izmerov Research Institute of Occupational Medicine; 2020. (In Russ.) Accessed May 25, 2023. <https://www.dissercat.com/content/metodologiya-opredeleniya-optimalnoi-prodolzhitelnosti-rabochego-dnya-i-nedeli-na-osnove-khr/read>
16. Sigahi TFAC, Kawasaki BC, Bolis I, Morioka SN. A systematic review on the impacts of Covid-19 on work: Contributions and a path forward from the perspectives of ergonomics and psychodynamics of work. *Hum Factors Ergon Manuf*. 2021;31(4):375-388. doi: 10.1002/hfm.20889
17. Žaja R, Kerner I, Macan J, Milošević M. Characteristics of work-related COVID-19 in Croatian healthcare workers: a preliminary report. *Arh Hig Rada Toksikol*. 2021;72(1):36-41. doi: 10.2478/aiht-2021-72-3530
18. Mihai AM, Barben J, Dipanda M, et al. Analysis of COVID-19 in professionals working in geriatric environment: Multicenter prospective study. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(18):9735. doi: 10.3390/ijerph18189735
19. Ochoa-Leite C, Bento J, Rocha DR, et al. Occupational management of healthcare workers exposed to COVID-19. *Occup Med (Lond)*. 2021;71(8):359-365. doi: 10.1093/occmed/kqab117
20. Sorokin GA, Chistyakov ND, Chernysheva MP, Chalkina ON. Professionally caused circadian rhythm disorders and the risk of COVID-19 in medical workers. *Sotsial'nye Aspekty Zdorov'ya Naseleniya*. 2022;68(1):2. (In Russ.) doi: 10.21045/2071-5021-2022-68-1-2

Сведения об авторах:

✉ **Сорокин** Геннадий Александрович – д.б.н., ведущий научный сотрудник отдела анализа рисков здоровью населения ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора; e-mail: sorgen50@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1297-5476>.

Чистяков Николай Дмитриевич – к.м.н., врач-дерматовенеролог отдела клинических исследований ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора; e-mail: ndvision@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1881-3432>.

Чернышева Марина Павловна – д.б.н., профессор ЧОУ ВО «Санкт-Петербургский медико-социальный институт»; e-mail: mp_chern@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7810-4713>.

Кириянова Марина Николаевна – к.м.н., старший научный сотрудник отдела анализа рисков здоровью населения ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора; e-mail: mrn@ro.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9037-0301>.

Информация о вкладе авторов: разработка дизайна исследования; методология; управление проектом; курирование данных: *Сорокин Г.А.*; получение данных для анализа: *Чистяков Н.Д., Кириянова М.Н.*; анализ полученных данных: *Чистяков Н.Д.*; редактирование материала: *Чернышева М.П., Кириянова М.Н.*; обзор публикаций по теме статьи: *Кириянова М.Н.*; написание текста рукописи: *Сорокин Г.А., Чернышева М.П.* Все авторы ознакомились с результатами и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: Исследование одобрено на заседании ЛЭК № 2021/30.4 от 16.03.2021. От участников исследования получено добровольное информированное согласие на обработку персональных данных.

Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Статья получена: 10.04.23 / Принята к публикации: 16.05.23 / Опубликовано: 31.05.23

Author information:

✉ Gennady A. Sorokin, Dr. Sci. (Biol.), Leading Researcher, Department of Health Risk Analysis, Northwest Public Health Research Center; e-mail: sorgen50@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1297-5476>.

Nikolay D. Chistyakov, Cand. Sci. (Med.), Dermatovenereologist, Clinical Research Department, Northwest Public Health Research Center; e-mail: ndvision@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1881-3432>.

Marina P. Chernysheva, Dr. Sci. (Biol.), Professor, St. Petersburg Medical and Social Institute; e-mail: mp_chern@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7810-4713>.

Marina N. Kir'yanova, Cand. Sci. (Med.), Senior Researcher, Department of Health Risk Analysis, Northwest Public Health Research Center; e-mail: mrn@ro.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9037-0301>.

Author contributions: study design, methodology, project management, data curation: *Sorokin G.A.*; data collection: *Chistyakov N.D., Kir'yanova M.N.*; analysis and interpretation of results: *Chistyakov N.D.*; critical revision: *Chernysheva M.P., Kir'yanova M.N.*; literature review: *Kir'yanova M.N.*; draft manuscript preparation: *Sorokin G.A., Chernysheva M.P.* All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript

Compliance with ethical standards: The study was approved by the Local Ethics Committee (Protocol No. 2021/30.4 of March 16, 2021). Written informed consent to personal data processing was obtained from all study participants.

Funding: The authors received no financial support for the research, authorship, and/or publication of this article.

Conflict of interest: The authors have no conflicts of interest to declare.

Received: April 10, 2023 / Accepted: May 16, 2023 / Published: May 31, 2023