

Air Quality and the Health of Norilsk Population: Dynamics of the Situation over 20 Years

Boris A. Revich*

Institute of Economic Forecasting of the Russian Academy of Sciences, Nakhimovskii avenue, 47, Moscow, 117418, Russia

Tatiana L. Kharkova,

Russian Federation Institute for Demography at the National Research University "Higher School of Economics", Bolshoi Trekhsyayatel'skii lane, 3, Moscow, 109028, Russia

Abstract

The article presents a retrospective analysis of the dynamics of air pollution in Norilsk with emissions from the largest metallurgical enterprise MMC Norilsk Nickel. In the city, for many years, elevated concentrations of sulfur dioxide, suspended particles, nickel, copper, benzo(a)pyrene and other substances have been recorded. Their impact has led to increased morbidity and mortality among the population of Norilsk. Estimated health risks from exposure to fine particulate matter (PM10) and sulfur dioxide are given. The excess mortality of Norilsk residents from exposure to sulfur dioxide decreased from 10% in 2007 to 0.8% in 2014—2019.

Dynamics of mortality in Norilsk for 2008—2019 compared with data on the urban population of the Krasnoyarsk Territory is ambiguous. The mortality of men from all causes, including cerebrovascular and circulatory system diseases, is lower than in other cities of the Krasnoyarsk Territory, but higher from respiratory diseases. Mortality among women in Norilsk is higher than in the urban population of the Krasnoyarsk Territory by 16.6%, incl. from diseases of the respiratory system — by 82.7%, from diseases of the circulatory system — by 6.5%. The higher mortality rate of the female population of Norilsk among other cities of the Krasnoyarsk Territory may indicate the detrimental effects of the impact of polluted atmospheric air on the female part of the population.

Keywords: Arctic; Norilsk; air pollution; health risk; mortality; life expectancy; nickel; particulate matter.

Acknowledgments: the authors thank Academician B.N. Porfiryev, scientific director of the Institute for Economic Forecasting of the Russian Academy of Sciences, for his assessment of the economic damage from excess mortality of the Norilsk population.

For citation: Revich B. A., Kharkova T. L. Air quality and the health of Norilsk population: dynamics of the situation over 20 years // *Issues of Risk Analysis*. 2023;20(1):14-25, (In Russ.), <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2023-20-1-14-25>

The authors declare no conflict of interest.

Содержание

Введение

1. Динамика качества атмосферного воздуха Норильска

2. Ретроспективный анализ рисков здоровью при воздействии загрязненного атмосферного воздуха

Заключение

Литература

Введение

Жители заполярного города Норильска, расположенного южнее полуострова Таймыр, после начала эксплуатации предприятий металлургического цикла в начале 80-х гг. XX в. подвергались воздействию загрязненного атмосферного воздуха. Информации о концентрации загрязняющих веществ в те годы нет, но можно предположить, что она была значительно выше нормативного уровня. По-видимому, это послужило причиной принятия Постановления Совета Министров СССР № 407 от 02.06.1976, разрешающего ГМК «Норильский никель» не заниматься вопросами охраны окружающей среды. Только через 12 лет, в 1998 г., этой компанией была принята Комплексная программа по охране окружающей среды на 1998—2005 гг. и концепция развития предприятий до 2015 г. Однако радикального улучшения качества атмосферного воздуха за последующие 8 лет не произошло, уровень загрязнения окружающей среды оставался высоким, и в 2006 г. Норильск был включен в рейтинг наиболее загрязненных городов мира (www.blacksmithinstitute.org). Основная часть выбросов в эти годы приходилась на металлургические предприятия: Медный, Никелевый, Надеждинский заводы и аглофабрику, а также хвостохранилища, в пыли которых содержатся никель, медь, кобальт и другие металлы.

В последние годы Заполярный филиал ГМК «Норильский никель» значительно усовершенствовал технологии получения никеля и других металлов, перевел никелевое производство из Норильска на Надеждинский металлургический завод, расположенный в отдалении от селитебной территории. Эффективность этих мер оценить трудно, так как современные данные о содержании никеля в атмосферном воздухе города не публикуются. Однако, учитывая, что выбросы другого загрязняющего вещества, диоксида серы, к 2019 г. уменьшились на 75%, вероятно, произошло и снижение выбросов никеля. За период с 2005 по 2018 г. [1] прослеживается уменьшение числа проб атмосферного воздуха с повышенным содержанием никеля, а также снижение в 5 раз числа дней с повышенным уровнем загрязнения атмосферного воздуха.

Крупнейшая экологическая инициатива ЗФ ГМК «Норильский никель» — «Серная программа 2.0»

(123 млрд руб. в ценах 2018 г.) — призвана обеспечить сокращение выбросов диоксида серы в Заполярном филиале к 2023 г. по сравнению с 2015 г. на 45%; к 2025 г. — на 90% и к 2030 г. — на 95%. Решения, принятые в 2019 г., позволят повысить показатель улавливания вредных веществ в воздухе в Норильском промрайоне до более 90% (с 75% ранее), при этом на Медном заводе будет достигнута степень улавливания 99—99,5%, что будет соответствовать лучшим мировым практикам.

Естественно, высокий уровень загрязнения атмосферного воздуха на протяжении многих лет оказывал значительное воздействие на здоровье жителей Норильска.

В статье нами было поставлено несколько задач:

- оценить динамику показателей загрязнения атмосферного воздуха с 2005 по 2018 г.;
- провести ретроспективную оценку рисков здоровью населения от воздействия загрязненного атмосферного воздуха в 2005 г.;
- оценить динамику показателей смертности от основных причин и ожидаемой продолжительной жизни (ОПЖ) населения Норильска за 13 лет.

Материалы и методы

Оценка динамики качества атмосферного воздуха Норильска выполнена на основе опубликованных данных контролирующих служб и проектных организаций. Ретроспективная оценка риска здоровью населения от загрязнения атмосферного воздуха Норильска в 2005 г. сделана согласно действующему Руководству Роспотребнадзора¹.

Для оценки динамики таких базовых показателей здоровья, как смертность населения, на основе данных годового отчета Росстата о естественном движении населения (таблица С51 «Распределение умерших по полу, возрастным группам и причинам смерти») и данных о численности населения по полу и возрасту в Норильске в 2008—2020 гг. были рассчитаны стандартизованные коэффициенты смерт-

¹ Р 2.1.10.1920-04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду», утверждено и введено в действие Первым заместителем Министра здравоохранения Российской Федерации, Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации Г.Г. Онищенко 05.03.2004.

ности основных возрастных групп. Стандартизация проводилась прямым методом, в качестве стандарта использовался Европейский стандарт возрастной структуры 1976 г., применяющийся ВОЗ и Росстатом. Также были рассчитаны показатели ожидаемой продолжительности жизни (ОПЖ).

С целью устранения случайных ежегодных значительных колебаний повозрастных уровней смертности в отдельные годы, вызванных малым ежегодным числом умерших в отдельных возрастных группах и от отдельных причин смерти, расчет показателей смертности проводился по трем четырехлетним периодам (2008—2011, 2012—2015 и 2016—2019 гг.). Расчет соответствующих показателей за 2020 г. выполнен отдельно, так как это первый год развернувшейся пандемии COVID-19, которая в той или иной мере способствовала изменению структуры смертности. В связи с этим к изменениям уровня смертности от отдельных причин в 2020 г. следует относиться с некоторой осторожностью.

Для сравнительного анализа были использованы данные о городском населении Красноярского края и России и выполнен расчет аналогичных возрастных и стандартизованных коэффициентов смертности, а также ожидаемой продолжительности жизни за 2008—2020 гг. Определение вклада роста (снижения) смертности в отдельных возрастах и от основных причин смерти в снижение или рост ожидаемой продолжительности жизни проведено с использованием метода декомпозиции [2].

1. Динамика качества атмосферного воздуха Норильска

В 80-е гг. прошлого столетия в атмосферном воздухе Норильска концентрации никеля превышали ПДК в 1,7 раза на расстоянии 3,5 км от Медного и 1,8 км от Никелевого заводов [3]. В дальнейшем, после осуществления мер по снижению выбросов с 1999 по 2005 г., концентрация диоксида серы в атмосферном воздухе за 1999—2004 гг. снизилась с 210 до 176 мкг/м³, т. е. всего на 12%². Такие высокие среднегодовые концентрации диоксида серы,

превышающие ПДК в 3,5 раза, не обнаруживались ни в одном российском городе и, по всей вероятности, в мире. Также фиксировались высокие концентрации канцерогенного бензопирена — превышение ПДК в 6,7 раза. Среднегодовые концентрации никеля в атмосферном воздухе в 1999—2004 гг. находились в интервале от 1 до 4,7 мкг/м³ при ПДК_{cc} = 1 мкг/м³, т. е. превышали нормативный уровень до 5 раз. Более значительное снижение концентраций взвешенных веществ до нормативного уровня — с 300 до 149 мкг/м³ — может являться результатом уменьшения пыления от хвостохранилищ.

Высокий уровень загрязнения атмосферного воздуха диоксидом серы, оксидами никеля и меди, бензопиреном стал причиной включения Норильска Росгидрометом в приоритетный список городов с наибольшим уровнем загрязнения атмосферного воздуха. В других 235 российских городах, где Росгидромет определял количество диоксида серы с использованием аналогичного метода, среднегодовая концентрация этого вещества в 2011 г. составила 7 мкг/м³ [4, с. 14], т. е. была в 25 раз ниже, чем в Норильске.

В 2020 г. в Норильске началась реализация федерального проекта «Чистый воздух» национального проекта «Экология». Это позволило специалистам Федерального научного центра медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения Роспотребнадзора на основании сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха Норильска³ определить индексы сравнительной опасности приоритетных химических веществ, выбрасывавшихся стационарными источниками в 2018 г. По нашим расчетам, такой уровень концентраций диоксида серы в атмосферном воздухе может привести к росту смертности жителей Норильска более чем на 16%.

Оценка риска здоровью на основе фактических измерений за 2014—2019 гг., проведенная этим же авторским коллективом, подтвердила уровень риска как настораживающий [5]. Среднегодовые концентрации взвешенных веществ в атмосферном воздухе Норильска в 2020 г. составили 135 мкг/м³ [6],

² Отчет ФГУП «НИИП Градостроительства», 11-й этап, том 2, табл. 12—16.

³ Год нами указан предположительно, так как в статье он не указан.

т. е. значительно снизились по сравнению с предыдущими годами, но превышали российский среднегодовой норматив (75 мкг/м^3). Среднегодовая концентрация диоксида серы в 2020 г. по сравнению с 2019 г. снизилась с 126 до 73 мкг/м^3 , оставаясь выше рекомендуемого ВОЗ среднегодового уровня в 40 мкг/м^3 .

Для оценки риска здоровью указанных концентраций диоксида серы использованы данные, представленные в Руководстве ВОЗ по качеству атмосферного воздуха [7]. На основе метааналитической оценки значений риска экспертами ВОЗ доказано, что значение относительного риска (RR) составляет $= 1,0059$ (95% ДИ: $1,0046—1,0071$) на каждые 10 мкг/м^3 диоксида серы выше рекомендуемого уровня в 40 мкг/м^3 , учитывая доказанную линейную зависимость. Достоверность доказательств была признана высокой для всех случаев неаварийной смертности и смертности от заболеваний органов дыхания [7–9]. На основании этих моделей рассчитано, что в 2007 г. избыточная смертность жителей Норильска от воздействия концентрации диоксида серы 176 мкг/м^3 могла обуславливать рост смертности на более чем 10%, а в 2014–2019 гг. при концентрации 126 мкг/м^3 — на 0,8%, или на 11 случаев в год. Таким образом, произошло значительное снижение риска здоровью горожан.

Если ориентироваться на результаты моделирования расчетных концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, представленные в документации по оценке воздействия на окружающую среду (ОВОС), то после завершения «Серной программы 2.0» произойдет значительное снижение концентраций практически всех загрязняющих веществ, и превышения нормативных уровней не ожидается. Возможно только некоторое увеличение выбросов диоксида углерода, что не будет сопровождаться рисками для здоровья. Кроме того, следует учитывать факт неопределенности, который присутствует при моделировании, тем более что программный продукт «Эколог-город» имеет определенные недостатки, хотя и не столь значительные, чтобы изменить параметры моделирования. Для расчета концентраций загрязняющих веществ возможно также использование модели AEROMOD, разработанной Агентством по охране окружающей среды США.

Содержание мелкодисперсных взвешенных частиц (PM_{10}), рассчитанное на основе их натуральных концентраций в атмосферном воздухе Норильска в 2007 г. и в последующие 2014–2019 гг., находилось на одном уровне — 90 мкг/м^3 . Учитывая снижение концентраций диоксида серы за тот же период, эти данные выглядят странно, если не предположить, что противоречия связаны с дефектами измерений взвешенных веществ. В эти годы воздействие среднегодовой концентрации PM_{10} на уровне 90 мкг/м^3 могло привести к избыточной смертности населения на 4%, т. е. на 44 случая в год. Таким образом, воздействие загрязненного воздуха только двумя приоритетными веществами — диоксидом серы и мелкодисперсными частицами — приводит к 55 избыточным случаям смерти в год. Однако трудно оценить избыточную смертность от других токсикантов, так как отсутствует информация об используемых методах определения никеля, меди, свинца, кобальта, кадмия в атмосферном воздухе и о том, насколько они соответствуют методам, принятым в развитых странах мира.

Необходимо учитывать и оценивать значения остаточного риска, особенно при неблагоприятных метеорологических условиях; риск от пыли, поднимающейся от загрязненных металлами грунтов в летнее время года; риск пыления от хвостохранилищ при направлении ветра от них в сторону жилой застройки. К сожалению, краевая подсистема мониторинга атмосферного воздуха в Норильске не функционирует. Возможно, это связано с тем, что на ЗФ ГМК «Норильский никель» имеется подразделение по контролю загрязнения воздуха (результаты деятельности которого, однако, в открытом доступе отсутствуют). Кроме того, в Норильске находятся 17 маршрутных пунктов контролируемых организаций.

2. Ретроспективный анализ рисков здоровью при воздействии загрязненного атмосферного воздуха

По нашим расчетам, в 2005 г. содержание в атмосферном воздухе взвешенных веществ на уровне 149 мкг/м^3 привело к увеличению смертности населения на 15% по сравнению с фоновым уровнем. Также в эти годы, по данным испытательного эко-

аналитического центра контрольно-аналитического управления ЗФ ОАО ГМК «Норильский никель», в период неблагоприятных метеоусловий концентрация диоксида серы превышала ПДК в течение 56,6% календарного времени наблюдения⁴, и эта ситуация также могла оказать влияние на состояние здоровья жителей города.

Уровень общей заболеваемости населения Норильска в начале 2000-х гг. превышал аналогичный показатель по России в 2 раза. Для города характерна высокая смертность мужчин трудоспособного возраста, пик которой приходится на 35—40 лет [10]⁵. Оценкой воздействия загрязненного атмосферного воздуха на здоровье населения Норильска более 20 лет назад занимались сотрудники Московского института гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана (в настоящее время «Федеральный научный центр гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора). Показатели здоровья детей и беременных женщин в Норильске сопоставляли с данными по Дудинке — другому арктическому городу, где сходные климатические условия, но нет крупных источников загрязнения. В Норильске число здоровых детей было достоверно меньше, чем в Дудинке, и больше детей с хроническим тонзиллитом, заболеваниями желудочно-кишечного тракта, желчевыводящих путей и т. д. Проживание женщин в Норильске оказало влияние на их репродуктивную функцию: угроза прерывания беременности у них была выше, чем в группе сравнения — у женщин Дудинки. В Норильске прослеживали явное воздействие загрязненного атмосферного воздуха и на антропометрические показатели новорожденных (здесь родилось больше детей с малым весом) [11].

Результаты другого исследования, проведенного сотрудниками Научно-исследовательского института медицинских проблем Севера, показали, что в Норильске по сравнению с аналогичными показателями по Таймырскому району и Красноярскому краю в целом значительно чаще регистрируют токсикозы второй половины беременности и прежде-

временные роды. В Норильске доля женщин, имеющих на работе контакт с вредными веществами или воздействиями, неизвестна, поэтому приведенные факты можно считать результатом суммарного воздействия как неблагоприятных профессиональных факторов, так и загрязнения атмосферного воздуха. 20 лет назад в этот период в Норильске также регистрировали и более высокую заболеваемость органов дыхания и нервной системы детей, чем на территориях сравнения. В среднем дети до 1 года в Норильске в 1,5—2 раза чаще болели, чем их сверстники, проживающие в арктических городах с не столь высоким уровнем загрязнения воздуха.

Учитывая высокое содержание в атмосферном воздухе канцерогенных веществ — никеля и бензопирена, специалисты Томского НИИ онкологии выполнили исследование распространенности онкологических заболеваний в Норильске и показали, что на протяжении десятилетий стандартизованные показатели заболеваемости раком легкого у мужчин были выше средних данных по Красноярскому краю [12, 13]. Кроме того, столь высокие показатели вообще не имели аналогов в других регионах страны. Эта ситуация не улучшилась и через 30 лет: в 2010-х гг. онкологическая заболеваемость, в том числе и в молодом возрасте, имела тенденцию к росту. Стоит отметить, что заболеваемость жителей Норильска злокачественными новообразованиями выявляют в более ранних возрастах, чем в среднем по стране. Так, более 69% этих случаев диагностируют в России в возрасте старше 60 лет, а в Норильске — 78% в возрасте 40—59 лет [14]. По результатам другого исследования средний возраст заболевших раком легкого в Норильске в 2002—2006 гг. равнялся 54,9 года при среднем по Красноярскому краю показателе в 62,7 года; в 2007—2011 гг. — 55,6 и 63,1 года соответственно [15].

Для атмосферного воздуха Норильска характерны и неканцерогенные риски, которые в 2005 г. обуславливали до 37% впервые выявленной заболеваемости детей и 21,6% взрослого населения города. Среди жителей Норильска чаще, чем в целом по Красноярскому краю, регистрировали заболевания органов дыхания, глаза, уха и сосцевидного отростка, костно-мышечной системы. Уровень заболеваемости детей Норильска превышал показатели

⁴ Информация получена от Представительства администрации Красноярского края в Москве при подготовке раздела «Экология» Стратегии развития Норильска в 2007 г.

⁵ Тот же источник.

в целом по Красноярскому краю по болезням крови и кроветворных органов на 44%, нервной системы — на 38%, костно-мышечной системы — на 28% [7].

За период 1991—2014 гг. был отмечен рост заболеваемости новообразованиями, болезней систем кровообращения и эндокринной. Также росла заболеваемость системы кровообращения и органов дыхания и за более короткий временной период — с 2008 по 2012 г. — отмечался рост впервые выявленной заболеваемости взрослого и детского населения [16]. Результаты этих оценок корреспондируются с данными о влиянии повышенной концентрации диоксида серы на количество обращений в неотложную помощь и показатели госпитализации больных бронхиальной астмой [17]. Воздействие металлов на здоровье жителей Норильска подтверждается и накоплением металлов в их организме [18].

Динамика смертности и ожидаемой продолжительности жизни в Норильске за 2008—2020 гг.

За указанный период структура смертности по основным причинам смерти не претерпела больших изменений. Стандартизованный коэффициент смертности (СКС) от всех причин на 70—80% и более определяется такими крупными группами причин смерти, как болезни системы кровообращения, новообразования и внешние причины, хотя в Норильске отмечаются некоторые особенности структуры смертности. Во-первых, в последние годы доля болезней системы кровообращения в Норильске и у мужчин, и у женщин несколько увеличилась, в то время как среди городского населения Красноярского края в целом она стала ниже. Если СКС от всех причин у мужчин Норильска был ниже, чем у мужского населения Красноярского края в целом на всем протяжении рассматриваемого периода, то у женщин, напротив, смертность в Норильске выше на 10—20%. В результате соотношение смертности мужчин и женщин в Норильске и во всех остальных городах Красноярского края различается. В Норильске СКС от всех причин у мужчин в 1,5 раза выше, чем у женщин, тогда как в городах Красноярского края это соотношение составляет 2,1 раза. Вместе с тем в Норильске смертность мужчин ниже, чем в целом в Красноярском крае, во всех

возрастных группах. Более высокая смертность женщин в Норильске отмечается в пожилом возрасте: в группе от 60 до 74 лет — в среднем на 36% и в группе 75 лет и старше — на 20%, что в конечном итоге и определяет более высокую смертность женщин Норильска.

Основной причиной смерти и в Норильске, и в целом в городах Красноярского края (как и во всех остальных регионах России) остаются болезни системы кровообращения, хотя вплоть до 2020 г. смертность от этой причины снижалась. Отметим, что жители Норильска умирают от этих болезней в более молодом возрасте (15—29 лет), чем население остальных городов Красноярского края.

Смертность мужчин Норильска от большинства основных причин ниже, чем среди городского населения Красноярского края, или остается почти на том же уровне. Это относится и к уровню смертности от новообразований, и от внешних причин. Однако в последние годы СКС вследствие самоубийств и убийств в Норильске выше, причем более всего в возрасте 30—44 лет — от самоубийств и 30—59 лет — от убийств. В то же время СКС от повреждений из-за неопределенных причин в Норильске значительно ниже, чем в городах Красноярского края, что связано, скорее всего, с кодированием причин насильственной смерти в Красноярском крае. Особую тревогу вызывает превышение смертности в Норильске (по сравнению с Красноярским краем в целом) от случайных отравлений алкоголем и от алкогольного цирроза в два раза и более, а также от рака предстательной железы. Кроме того, у женщин Норильска выше смертность от инфекционных болезней, среди которых около 90% приходится на туберкулез и ВИЧ.

Динамика ожидаемой продолжительности жизни населения в Норильске в 2008—2020 гг.

В 2008—2019 гг. в Норильске одновременно со снижением смертности росла ожидаемая продолжительность жизни при рождении (ОПЖ); то же было характерно для городского населения Красноярского края и России в целом (см. табл.). При этом в среднем за 2008—2019 гг. ОПЖ мужчин в Норильске была выше, чем в целом по Красноярскому краю, почти на два года и на полгода — по сравнению с городским населением России. Напротив, ОПЖ жен-

Таблица. Ожидаемая продолжительность жизни населения Норильска, городского населения Красноярского края и России в 2008—2020 гг.*Table. Life expectancy of the population of Norilsk, the urban population of the Krasnoyarsk Territory and Russia in 2008—2020*

Период	Мужчины			Женщины		
	Норильск	городское население		Норильск	городское население	
		Красноярский край	РФ		Красноярский край	РФ
2008—2011	64,69	62,72	63,69	73,70	74,37	75,41
2012—2015	65,89	64,26	65,72	73,83	75,61	76,72
2016—2019	68,04	65,83	67,88	75,18	76,86	77,97
2020	67,99	64,81	66,67	75,43	75,70	76,61

Источник: данные Росстата, расчеты авторов.

щин Норильска уступала аналогичному показателю городского населения Красноярского края в среднем на 1,4 года, России в целом — на 2,5 года. В 2016—2019 гг. ОПЖ мужчин была меньше, чем у женщин: в Норильске — на 7,14 года; среди городского населения Красноярского края — на 11,04 года; в России в целом — на 10,09 года.

Развитие пандемии COVID-19 в 2020 г. привело к росту смертности и снижению ОПЖ мужчин и женщин в России почти в равной мере — соответственно на 1,76 и на 1,74 года. При этом негативные последствия пандемии почти в 1,5 раза сильнее сказались на городском населении, чем на сельском. Однако в Норильске в 2020 г. снижение ОПЖ мужчин было минимальным по сравнению со средним значением за 2016—2019 гг. — минус 0,05 года, а у женщин даже отмечался рост на 0,26 года.

Важно определить, снижение или рост смертности в каком именно возрасте и от каких причин смерти повлияли соответственно на рост или снижение ОПЖ в целом. Расчеты, проведенные с использованием метода декомпозиции, показали, что основной вклад в рост ОПЖ при рождении вносили изменения смертности в младших рабочих возрастах, в первую очередь у мужчин. Например, рост ОПЖ мужчин с 2012 по 2019 г. почти на 60% был результатом снижения смертности в возрасте 45—64 лет и на 35% — в возрасте 15—44 лет. Однако в 2020 г. рост смертности в возрастах 45—64 лет и 65 лет и старше определил снижение ОПЖ мужчин, тогда как снижение смертности в молодом рабочем возрасте 15—44 лет способствовало компенсации

отрицательного вклада, что в итоге привело к снижению ОПЖ на 0,05 года. У женщин рост ОПЖ на 45% был результатом снижения смертности в возрасте 45—64 лет, т. е. в старшем трудоспособном возрасте, и на 30% — в возрасте 65 лет и старше.

Среди жителей Норильска, в отличие от городского населения Красноярского края, основной вклад в рост ОПЖ при рождении мужчин почти в равной доле внесло снижение смертности от внешних причин и болезней органов дыхания — соответственно 37 и 35%. Лишь 18% роста было обеспечено снижением смертности от болезней системы кровообращения. Несколько иная картина у женщин Норильска. Основной вклад в рост ОПЖ женщин внесло снижение смертности от болезней органов дыхания (около 42%) и практически в равной значимости — от новообразований (29%) и внешних причин (28%). При этом наибольший вклад в указанное снижение болезней органов дыхания и новообразований связан с уменьшением смертности в пожилом возрасте (65 лет и старше) и от внешних причин — в возрасте 15—44 лет. Что касается городского населения Красноярского края, более половины (52%) роста ОПЖ женщин было результатом снижения смертности от болезней системы кровообращения (в основном в возрасте 65 лет и старше) и более чем на четверть (29%) — от внешних причин, прежде всего в возрасте 15—44 лет.

Если предположить, что в Норильске в дальнейшем и у мужчин, и у женщин на 20% снизится смертность от болезней системы кровообращения, на 10% — от новообразований, на 20% —

от внешних причин, в том числе на 25% — от случайных отравлений алкоголем, то в этом случае СКС от всех причин будет на 10% меньше фактического отмечавшегося в 2020 г.

Обсуждение результатов

Анализ данных о степени загрязнения атмосферного воздуха Норильска свидетельствует о постоянном превышении нормативных показателей, и, несмотря на принятые меры по снижению выбросов загрязняющих веществ, по оценке Министерства экологии и рационального природопользования Красноярского края в 2019 и 2020 гг., ситуация с качеством воздуха остается неблагоприятной [6]. Радикальное улучшение может произойти только после завершения «Серной программы 2.0». Исследования состояния здоровья жителей Норильска в начале 2000-х гг. подтверждают негативное воздействие загрязнения воздуха на общую заболеваемость, в т. ч. злокачественными новообразованиями, и на репродуктивное здоровье, а также состояние здоровья детского населения. В последние годы фиксируются повышенные канцерогенные и неканцерогенные риски здоровью, при этом еще не оценены значения остаточных рисков, особенно при неблагоприятных метеорологических условиях; риски от взвешенных частиц (загрязненные металлами грунты в летнее время года); риски пыления от хвостохранилищ при направлении ветра в сторону жилой застройки.

В Норильске, как и в городском населении Красноярского края и России в целом, в 2008—2019 гг. отмечались снижение смертности и, соответственно, рост ОПЖ. При этом ОПЖ мужчин в Норильске в среднем за 2008—2019 гг. была почти на два года больше, чем у мужчин в других городах Красноярского края, и на полгода больше по сравнению с городским населением России. Можно предположить, что это связано с несколькими основными факторами: жестким профессиональным отбором, эффективным медицинским обслуживанием, в т. ч. с применением высокотехнологической медицинской помощи, регулярным диспансерным обследованием, социальными льготами и оттоком лиц пожилого возраста в другие регионы. Напротив, ОПЖ женщин Норильска отстает от показателя городского

населения Красноярского края в среднем на 1,4 года и от показателя по России на 2,5 года.

Проведенная оценка динамики смертности в Норильске по сравнению с городским населением Красноярского края неоднозначна. С одной стороны, смертность от всех причин мужчин Норильска была ниже, чем в городах Красноярского края, на 12,5%, но смертность женщин в Норильске по сравнению с городским населением Красноярского края была выше на 16,6%. Ситуация такого различия смертности и ОПЖ между мужчинами и женщинами — довольно редкое явление, связанное, очевидно, с относительно лучшими показателями здоровья мужчин в этом городе. По сравнению с показателями по городам Красноярского края и по стране в целом, в Норильске выше пенсия (с учетом «северных» выплат — 22 618 руб. против 13 360 руб. по России в 2018 г.) и величина прожиточного минимума (16 557 руб. против 10 213 руб.).

На положительную динамику ОПЖ в Норильске также оказывает влияние более высокое качество медицинской помощи и укомплектованность штата врачей: так, число врачей на 10 тыс. населения составляет там 54,9 против 47,5 в России в целом. Больше и число больничных коек [19]. Норильская больница — единственная в мире многоэтажная 1000-коечная больница за полярным кругом, обладающая высоким уровнем оснащенности (внедрена высокотехнологичная медицинская помощь, в том числе малоинвазивная хирургия, онкологический скрининг и ежегодная диспансеризация населения в возрасте старше 40 лет), реализуется региональный проект «Борьба с онкологическими заболеваниями», создан сосудистый центр. В то же время более высокий уровень смертности женского населения Норильска по сравнению с жительницами городов Красноярского края может свидетельствовать о более пагубных последствиях воздействия загрязненного атмосферного воздуха именно на женскую часть населения.

Сопоставление показателей смертности населения Норильска с аналогичными показателями в других промышленных городах Красноярского края (Красноярск, Ачинск, Лесосибирск, Минусинск) подтверждает негативный эффект воздействия атмосферных загрязнений. Так, в Норильске

повышена смертность населения молодого возраста (15—29 лет) от заболеваний системы кровообращения (хотя мы отдаем себе отчет в том, что оперируем малым числом случаев).

Повышенная смертность населения Норильска, обусловленная воздействием загрязненного атмосферного воздуха, приводит и к значительным экономическим потерям. По мнению академика Б. Н. Порфирьева, научного руководителя Института народнохозяйственного прогнозирования РАН, экономический ущерб с учетом показателей затрат на спасение/защиту жизни среднестатистического человека от избыточной смертности [20, 21] по различным оценкам за период до 2020 г. оценивается в 15 млрд руб.

Заключение

Приведенные выше объективные показатели негативного влияния загрязнения атмосферного воздуха на здоровье населения Норильска корреспондируются с результатами социологических опросов. Все опрошенные жители города, независимо от района проживания, «осознают связь между качеством окружающей среды и качеством своего здоровья»; по степени риска для здоровья 97% опрошенных на первое место ставили проблемы загрязнения атмосферного воздуха [22].

Поэтому для обеспечения полноты и надежности оценки эффективности «Серной программы 2.0» по снижению выбросов ЗФ ГМК «Норильский никель» с позиций сбережения населения Норильска необходимо использование комплекса современных методов оценки здоровья, включая медико-статистический и социологический мониторинг наиболее информативных показателей, а также усиление профилактической работы по ранней диагностике сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний, особенно среди женского населения города.

Литература [References]

1. Опыт решения задач по охране атмосферного воздуха на предприятиях ПАО «ГМК «Норильский никель». XXI Международный конгресс «Атмосфера-2019». <http://www.nin.atmosphere/hhi-y-mezhdunarodnyiy-ecologicheskiiy-kongress-atmoshera-2019> (Дата обращения: 23.07.2019) [Experience in solving atmospheric
2. Андреев Е. М. Метод компонент в анализе продолжительности жизни // Вестник статистики. 1982. № 9. С. 42—47 [Andreev E. M. A component method in analysis of longevity // Vestnik Statistiki. 1982;(9):42—47 (In Russ.)]
3. Кагиров В. Н. Влияние атмосферных загрязнений Норильского комбината на здоровье взрослого работающего населения. Автореферат дис. канд. мед. наук. М., 1985 [Kagirov V. N. Influence of atmospheric pollution of the Norilsk Combine on the health of the adult working population. Avtoreferat dis. kand. med. nauk. M., 1985 (In Russ.)]
4. Ежегодник. Состояние загрязнения атмосферы в городах на территории России за 2011 г. Росгидромет, Главная геофизическая обсерватория им. А. И. Воейкова, 2012. 232 с. [Yearbook. The state of air pollution in cities in Russia in 2011. Rosgidromet, Glavnaya geofizicheskaya observatoriyaim. A. I. Voeikova, 2012. 232 p. (In Russ.)]
5. Май И. В., Клейн С. В., Вековшинина С. А. и др. Риск здоровью населения Норильска при воздействии веществ, загрязняющих атмосферный воздух // Гигиена и санитария. 2021. Т. 100. № 5. С. 528—534, <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-5-528-534> [May I. V., Kleyn S. V., Vekovshinina S. A. et al. Health risk to the population in Norilsk under exposure of substances polluting ambient air // Hygiene and Sanitation, Russian Journal. 2021;100(5):528-534 (In Russ.), <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-5-528-534>]
6. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае в 2020 г. Министерство экологии и рационального природопользования Красноярского края. Красноярск, 2021. www.mpr.krskstate.ru/gosdoklad-2020.pdf [State report “On the state and protection of the environment in the Krasnoyarsk Territory in 2020” Ministry of Ecology and Rational Nature Management of the Krasnoyarsk Territory. Krasnoyarsk, 2021 (In Russ.), www.mpr.krskstate.ru/gosdoklad-2020.pdf]
7. WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. World Health Organization 2021.

8. Orellano P., Reynoso J., Quaranta N. Short-term exposure to sulphur dioxide (SO₂) and all-cause and respiratory mortality: a systematic review and meta-analysis. *Environ Int.*, 2021, 150:106434. doi: 10.1016/j.envint.2021.106434
9. Whaley P. Nieuwenhuijsen M. Burns J. editors. Update of the WHO global air quality guidelines: systematic reviews. *Environ Int.*, 2021, 142 (Special issue) (<https://www.sciencedirect.com/journal/environment-international/special-issue/10MTС4W8FXJ>) (Accessed 17 June 2021).
10. Доклад «О состоянии здоровья населения муниципального образования город Норильск в 2004 году» [Report “On the state of health of the population of the municipality of the city of Norilsk in 2004” (In Russ.)]
11. Попов Л. Н. и др. Влияние атмосферных загрязнений на некоторые показатели репродуктивной функции женщин Заполярья. Гигиенические аспекты охраны здоровья населения территориально-промышленных комплексов Сибири и Крайнего Севера. М., 1985. С. 124—130 [Popov L.N. et al. The impact of atmospheric pollution on some indicators of reproductive function of women in the Arctic. Hygienic aspects of public health protection of territorial-industrial complexes of Siberia and the Far North. M., 1985. P. 124—130 (In Russ.)]
12. Писарева Л. Ф. и др. Особенности онкологической заболеваемости в Заполярье. Эпидемиология, профилактика и ранняя диагностика злокачественных новообразований. Томск, 1987. С. 73—75 [Pisareva L.F. et al. Features of oncological morbidity in the Arctic, in *Epidemiology, Prevention, and Early Diagnosis of Malignant Neoplasms*. Tomsk. 1987. P. 73—75 (In Russ.)]
13. Дыхно Ю. А. и др. Эпидемиология рака легкого в Норильском промышленном районе. Рак легкого. М., 1992. С. 13—16 [Dykhno Yu. A., et al. “Epidemiology of lung cancer in the Norilsk industrial region,” in *Lung Cancer*. M. 1992. P. 13—16 (In Russ.)]
14. Ананина О. А., Писарева В. Ф., Одинцова И. Н., Христенко Е. Л., Попкова Г. А., Христенко И. Д. Заболеваемость злокачественными новообразованиями населения г. Норильска. Формирование групп повышенного риска // Сибирский онкологический журнал. 2013. № 4. С. 58—61 [Ananina O.A., Pisareva L.F., Odintsova I.N., Khristenko E.L., Popkova G.A., Khristenko I.D. Cancer incidence among population of Norilsk. Formation of high risk groups for cancer // *Siberian journal of oncology*. 2013;(4):58-61 (In Russ.)]
15. Серебряков П. В. Использование оценки канцерогенного риска на горнорудных и металлургических предприятиях Заполярья // Гигиена и санитария. 2012. Т. 91. № 5. С. 95—98 [Serebryakov P.V. Using the evaluation of carcinogenic risk in the mining and metallurgical enterprises of the Arctic // *Hygiene and Sanitation, Russian Journal*. 2012;91(5):95-98 (In Russ.)]
16. Куркатов С. В., Тихонова И. В., Иванова О. Ю. Оценка риска воздействия атмосферных загрязнений на здоровье населения г. Норильска // Гигиена и санитария. 2015. Т. 94. № 2. С. 28—31 [Kurkatov S.V., Tikhonova I.V. Ivanova O.Yu. Assessment of the risk of environmental atmospheric pollutants for the health of the population of the city of Norilsk. 2015;94(2):28-31 (In Russ.)]
17. Zheng, Xue-Yan et al. “Short-term exposure to ozone, nitrogen dioxide, and sulphur dioxide and emergency department visits and hospital admissions due to asthma: A systematic review and meta-analysis.” *Environment international* vol. 150 (2021): 106435. doi: 10.1016/j.envint.2021.106435
18. Дериглазова М. А., Рихванов Л. П. Особенности микроминерального состава зольного остатка организма человека, г. Норильск // Вестник Кольского научного центра РАН. 2017. Т. 9. № 4. С. 44—49 [Deriglazova M. A., Rikhvanov L. P. Features of micromineral composition of human organism ash residue, Norilsk // *Herald of the Kola Science Centre of RAS*. 2017;9(4):44—49 (In Russ.)]
19. Брылёва М. С. Социально-гигиеническое исследование смертности населения промышленных моногородов Арктики. Автореферат дис. на соискание ученой степени канд. биол. наук. М., 2021. С. 17—18 [Bryleva M. S. Socio-hygienic study of mortality in the industrial monotowns of the Arctic. Abstract of the dissertation for the degree of candidate of biological sciences. M., 2021. P. 17—18 (In Russ.)]
20. Методические рекомендации по экономической оценке рисков для здоровья населения при воздействии факторов среды обитания: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора. М., 2011 [Guidelines for the economic assessment of public health risks under the influence of environmental factors of Rospotrebnadzor, M., 2011 (In Russ.)]
21. The benefits and Costs Air Act. The EPA report for US Congress. Washington D. C.: 1998. <http://epa.gov/air/sect812/1970-1990/chptr1-7>

22. Васильев В. П., Сушко В. А., Деханова Н. Г. Промышленная инфраструктура и экологическое неравенство в моногородах // Экология и промышленность России. 2019. Т. 23. № 8. С. 64—71, <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2019-8-64-71> [Vasiliev V., Sushko V., Dekhanova N. Industrial Infrastructure and Environmental Inequality in Monotowns // Ecology and Industry of Russia. 2019;23(8):64-71 (In Russ.), <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2019-8-64-71>]

Сведения об авторах

Ревич Борис Александрович: доктор медицинских наук, профессор, главный научный сотрудник и заведующий лабораторией прогнозирования качества окружающей среды и здоровья населения ИНИ РАН
Количество публикаций: более 350, в т. ч. 4 монографии, 2 учебных издания
Область научных интересов: медицина, эпидемиология, гигиена, демография

ORCID: 0000-0002-7528-6643

Контактная информация:

Адрес: 117418, г. Москва, Нахимовский просп., д. 47
brevich@yandex.ru

Харькова Татьяна Леонидовна: кандидат экономических наук, старший научный сотрудник Института демографии им. А. Г. Вишневского Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»

Количество публикаций: 85, в т. ч. 5 монографий, 1 учебное пособие

Область научных интересов: демография, медицинская статистика

ORCID: 0000-0001-7460-1966

Контактная информация:

Адрес: 109028, г. Москва, Большой Трёхсвятительский пер., д. 3
tkharkova@hse.ru

Статья поступила в редакцию: 31.10.2022

Одобрена после рецензирования: 21.11.2022

Принята к публикации: 25.11.2022

Дата публикации: 28.02.2023

The article was submitted: 31.10.2022

Approved after reviewing: 21.11.2022

Accepted for publication: 25.11.2022

Date of publication: 28.02.2023