

Читать
онлайн
Read
online

Сизова Е.Н., Шмакова Л.Н., Видякина Е.В.

Пандемия COVID-19 и загрязнение окружающей среды (обзор литературы)

ФГБОУ ВО «Государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 610998, Киров, Россия

Цель работы — провести обзор и анализ литературы о влиянии пандемии COVID-19 на окружающую среду и о влиянии окружающей среды на распространение SARS-CoV-2.

Поиск литературы проведён по базам данных MedLine, PubMed и eLIBRARY.

Благодаря мерам по борьбе с пандемией COVID-19 в мире произошёл резкий спад экономической активности, что в свою очередь привело к улучшению качества воздуха и воды и способствовало глобальному сокращению выбросов парниковых газов, но это улучшение было кратковременным. Одновременно увеличилось количество пластиковых медицинских отходов, таких как использованные средства общественной и индивидуальной защиты от COVID-19, и, как следствие, возникла проблема их утилизации. Это привело к загрязнению физических пространств воды и земли и создало угрозу заражения населения. С помощью концентрирования РНК SARS-CoV-2 из сточных вод городов и последующего подсчёта вирусных РНК количественной полимеразной цепной реакцией обратной транскриптазы провели раннее определение COVID-19 методом моделирования в конкретных популяциях. Наличие РНК SARS-CoV-2 в сточных водах является потенциальным риском для здоровья населения. Высокий уровень загрязнения окружающей среды (длительное воздействие производных горения ископаемого топлива) и метеорологические параметры (ионизирующее и ультрафиолетовое излучения), а также сигаретный дым считают дополнительными факторами, увеличивающими распространение и летальность при COVID-19.

Жизнеспособность SARS-CoV-2 зависит от водных и наземных параметров окружающей среды.

Ключевые слова: загрязнение окружающей среды; пандемия COVID-19

Для цитирования: Сизова Е.Н., Шмакова Л.Н., Видякина Е.В. Пандемия COVID-19 и загрязнение окружающей среды (обзор литературы). *Гигиена и санитария*. 2022; 101(9): 1023–1028. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-9-1023-1028> <https://www.elibrary.ru/hlames>

Для корреспонденции: Сизова Елена Николаевна, доктор биол. наук, доцент, профессор кафедры менеджмента и товароведения ФГБОУ ВО «Кировский ГМУ» МЗ РФ, 610998, Киров. E-mail: cizovahelena@mail.ru

Участие авторов: Сизова Е.Н. — сбор данных литературы, написание текста, редактирование; Шмакова Л.Н. — редактирование; Видякина Е.В. — сбор данных литературы. Все соавторы — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

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

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Поступила: 04.05.2022 / Принята к печати: 04.08.2022 / Опубликована: 30.09.2022

Elena N. Sizova, Ludmila N. Shmakova, Evgenia V. Vidyakina

Pandemic COVID-19 and environmental pollution (literature review)

Kirov State Medical University, Kirov, 610998, Russian Federation

The purpose of this article is to review and analyze the literature on the impact of the COVID-19 pandemic on the environment and, conversely, on the environmental impact on the spread of SARS-CoV-2.

The literature search was carried out using the MedLine, PubMed and eLIBRARY databases.

Thanks to measures to combat the COVID-19 pandemic, the world experienced a sharp decline in economic activity, which in turn led to improvements in air and water quality and contributed to the global reduction in greenhouse gas emissions, but this improvement was short-lived. Quarantine measures not only protect the population from COVID-19, but also positively affect the environmental quality. At the same time, the amount of plastic medical waste, such as used public and personal protective equipment against COVID-19, increased, and as a result, the problem of their disposal arose. This has led to the contamination of the water and land physical spaces and created the population contamination threat. Using the concentration of SARS-CoV-2 RNA from urban wastewater and subsequent counting of viral RNAs by quantitative reverse transcriptase polymerase chain reaction, an early determination of COVID-19 was carried out by modelling in specific populations. The presence of SARS-CoV-2 RNA in wastewater is a potential public health risk. High levels of environmental pollution (long-term exposure to derivatives of fossil fuel combustion), meteorological parameters (ionizing and UV radiation), and cigarette smoke, are considered to be additional factors increasing the spread and mortality of COVID-19.

The SARS-CoV-2 viability depends on aquatic and terrestrial environmental parameters.

Keywords: environmental pollution; COVID-19 pandemic

For citation: Sizova E.N., Shmakova L. N., Vidyakina E.V. Pandemic COVID-19 and environment (literature review). *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2022; 101(9): 1023–1028. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-9-1023-1028> <https://www.elibrary.ru/hlames> (In Russian)

For correspondence: Elena N. Sizova, MD, PhD., DSci., professor of the Kirov State Medical University, Kirov, 610998, Russian Federation. E-mail: cizovahelena@mail.ru

Information about the authors:

Sizova E.N., <https://orcid.org/0000-0002-7339-2063>

Shmakova L.N., <https://orcid.org/0000-0003-2998-1909>

Vidyakina E.V., <https://orcid.org/0000-0002-5394-5206>

Contribution: Sizova E.N. — writing a text, collection of literature data, editing; Shmakova L.N. — editing; Vidyakina E.V. — collection of literature data. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

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

Acknowledgment. The investigation was not sponsored

Received: May 4, 2022 / Accepted: August 04, 2022 / Published: September 30, 2022

Введение

Меры по борьбе с пандемией COVID-19 во многих регионах планеты привели к резкому спаду экономической активности, прекращению движения общественного транспорта, отмене международных авиасообщений [1, 2]. Снизился спрос на электроэнергию, уголь, нефть и нефтепродукты, уменьшился объём выбросов промышленных предприятий и транспорта, в том числе парниковых газов, и уровень загрязнения воды мирового океана [1, 3–11]. Карантинные меры не только защищают население от COVID-19, но и положительно влияют на качество окружающей среды.

В то же время из-за пандемии COVID-19 увеличилось количество пластиковых медицинских отходов, что привело к загрязнению физических пространств воды и земли и создало угрозу заражения населения [10, 12–15]. В сточных водах многих городов обнаружен SARS-CoV-2 – это потенциальный риск и условие ранней индикации инфекции в популяциях [16–18].

Длительное воздействие производных ископаемого топлива, ионизирующего и ультрафиолетового излучений, а также курение способствуют развитию иммунодефицита, острому и хроническому воспалению при COVID-19 [19–24]. Жизнеспособность вируса SARS-CoV-2 высоко коррелирует с водными и наземными параметрами окружающей среды [8, 21, 25–27].

Цель работы – провести обзор и анализ литературы о влиянии пандемии COVID-19 на окружающую среду и о влиянии окружающей среды на распространение SARS-CoV-2.

Снижение загрязнения окружающей среды под влиянием пандемии COVID-19

Меры по борьбе с пандемией привели к резкому спаду экономической активности в эпицентрах COVID-19, во многих регионах планеты закрыты общественные транспортные и международные авиасообщения. В сильно пострадавших от пандемии регионах Китая в январе 2020 г. было закрыто общественное транспортное сообщение, приостановлены перемещения по стране и авиасообщение с остальным миром [28, 29], сведена к минимуму или даже полностью прекращена работа промышленных предприятий. В ключевых отраслях промышленности производство сократилось на 15–40% [11]. Снижение спроса на электроэнергию в феврале 2020 г., по данным Carbon Brief, привело к уменьшению на 36% в марте 2020 г. потребления угля на китайских электростанциях [30]. По данным Министерства экологии и окружающей среды КНР, количество дней с хорошим качеством воздуха увеличилось на 21,5% по сравнению с тем же периодом 2019 г. [30]. Например, в начале 2020 г., по данным спутников, уровень NO₂ в Китае упал на 37% и не поднялся после китайского Нового года [31]. В Китае первоначально спад NO₂ зафиксирован недалеко от г. Ухань, а потом он распространился на всю страну [9]. Следовательно, меры по предотвращению распространения COVID-19 снизили объём выбросов промышленных предприятий и транспорта.

Известно, что диоксид азота является следовым газом естественных и антропогенных процессов в окружающей среде. Общетоксичный NO₂ относится к основным загрязнителям воздуха, попадающим в атмосферу при сгорании азотсодержащих компонентов топлива, он увеличивает риск заболеваний дыхательных путей [32]. Основные поставщики NO₂ – передвижные (двигатели внутреннего сгорания) и стационарные (объекты энергетики, тепло-снабжения и промышленности) источники [32]. Концентрация NO₂ в воздухе служит быстрым маркером качества воздуха при мониторинге и косвенно позволяет судить о присутствии других загрязнителей [32]. Снижение концентрации NO₂ наблюдалось во всех странах континентальной

Европы с января по март 2020 г. [33]. Согласно Европейскому космическому агентству, это было особенно заметно в Северной Италии, сильнее всего пострадавшей от эпидемии [34]. Существенное снижение концентраций NO₂ и микрочастиц PM_{2,5} из-за карантинных мер наблюдалось и в Лондоне [35].

Из-за закрытия предприятий, транспортных систем и приостановки в целом экономической деятельности сократился выброс углерода [10]. По данным Колумбийского университета, в Нью-Йорке за несколько мартовских дней выбросы CO автомобилей упали на 50%, CO₂ – на 5–10%, а концентрация метана устойчиво снизилась [36]. В целом за четырёхнедельный период снижение выбросов парниковых газов составило 25% [37]. В Китае, по оценкам агентства Carbon Brief, к началу марта 2020 г. объёмы выбросов CO₂ снизились на 200 млн тонн, за аналогичный период 2019 г. – на 800 млн тонн [8]. По спутниковым снимкам, климатическим данным и случаям COVID-19 выявили значительное снижение уровня NO₂ (0,00002 моль/м³), CO (< 0,03 моль/м³) и снижение оптической глубины аэрозоля (~ 0,1–0,2) в основных очагах COVID-19 в феврале – марте 2020 г. [8]. Anas Otmani и соавт. [38] оценили разницу между концентрациями мелкодисперсных взвешенных частиц, SO₂ и NO₂ до и во время периода сокращения деятельности в г. Сале (северо-западное Марокко), она составила соответственно 75; 49 и 96%. Авторами выявлены также заметные различия в обратных траекториях воздушных масс до и во время периода сокращения деятельности. Национальное управление по аэронавтике и исследованию космического пространства (НАСА) и Европейское космическое агентство (ЕКА) подтверждают, что загрязнение в некоторых крупных очагах COVID-19, таких как Ухань, Италия, Испания и США, сократилось до 30% [39, 40].

Среднесуточная концентрация O₃ как вторичного загрязнения на городских метеорологических станциях в сравнении с тем же периодом 2017–2019 гг. увеличилась на 24% в Ницце, на 14% в Риме, на 27% в Турине, на 2,4% в Валенсии и на 36% в Ухане, что объяснили существенным снижением выбросов оксидов азота (NO_x) [7]. Концентрации NO_x во время сокращения деятельности были в среднем на 49% ниже, чем в выходные дни предыдущих лет во всех городах. Снижение концентраций PM_{2,5} и PM₁₀ на городских станциях в целом по величине и относительным изменениям было значительно меньше в Европе (~ 8%), чем в Ухане (~ 42%). Следовательно, проблема снижения образования вторичных загрязнений, таких как O₃, сохраняется даже при строгих мерах по контролю выбросов первичных поллютантов [7].

Сравнение среднего значения концентрации взвешенных в воздухе PM_{2,5} за месяц до и после сокращения хозяйственной деятельности городов показало, что она снизилась на 29,9; 20,9 и 3,6%, концентрация NO₂ – на 53,2; 19,0 и 10,4% в Ухане, Тэгу и Токио соответственно [1]. В Ухане, где было наибольшее снижение концентрации PM_{2,5} (particulate matter – твёрдые и жидкие частицы загрязнителей с аэродинамическим диаметром менее 2,5 мкм), отмечено также наибольшее снижение дозы PM_{2,5} у десятилетних детей в бронхиальной (Bг) и альвеолярно-интерстициальной (AI) областях (3660 мкг в Bг и 6222 мкг в AI). Далее следовали Тэгу (445 мкг в Bг и 1287 мкг в AI) и Токио (18 мкг в Bг и 52 мкг в AI) через два месяца после сокращения хозяйственной деятельности городов [1]. Такое снижение концентрации PM_{2,5} привело к увеличению периода острого аллергического воспаления дыхательных путей у детей.

Во многих городах мира произошло снижение уровня загрязнения воды в некоторых частях мирового океана. В Малайзии и других странах Юго-Восточной Азии Saecida Saadat с соавт. [10] использовали наблюдения аэрозольной оптической глубины (AOD) со спутника Himawari-8, а также плотность столбов тропосферного NO₂ от Auga-

ОМІ над СЭО и наземные измерения загрязнения на нескольких станциях в Малайзии. Авторы выявили, что сокращение деятельности привело к заметному снижению АОД над СЭО и оттоку загрязнений через океанические районы. Kasturi Devi Kanniah и соавт. [5] также установили в Малайзии снижение концентраций PM_{10} (на 26–31%), $PM_{2,5}$ (на 23–32%), NO_2 (на 63–64%), SO_2 (на 9–20%) и CO (на 25–31%) в сравнении с аналогичными периодами в 2018 и 2019 гг. В Италии в марте 2020 г. городской водный транспорт вокруг Венеции был остановлен [4]. Спутниковые изображения Sentinel-2 показали сокращение мутности воды и установление её высокой прозрачности, что является сочетанием последствий ограничений из-за COVID-19 и природных сезонных факторов [4]. По данным дистанционного зондирования, концентрация взвешенных частиц поверхностных вод озера Вемба над в Индии в период сокращения деятельности в среднем снизилась на 15,9% (8 мг/л) в сравнении с периодом до сокращения деятельности, а в апреле 2020 г. снижение составляло до 34% от предыдущих минимумов [3].

Меры по предотвращению распространения SARS-CoV-2

Меры по предотвращению распространения SARS-CoV-2 накладываются на меры по снижению выбросов парниковых газов, и это помогло, например, Германии достичь значимого сокращения выбросов [41]. Но Всемирная метеорологическая организация заявила, что сокращения выбросов при экономическом COVID-кризисе не заменят согласованных действий в борьбе с изменениями климата [42]. Концентрации CO_2 на ключевых метеонаблюдениях превышают аналогичные показатели начала 2019 г., то есть локальные снижения выбросов не сказываются на глобальной картине [43]. Известно, что по завершении глобального финансового кризиса 2008–2009 гг. выбросы парниковых газов выросли на 5% из-за мер стимулирования экономики и увеличения использования угля [36]. Возможно несколько сценариев выхода из текущего экономического кризиса [44]. Опыт подобных событий во время эпидемии SARS в 2002 г., гонконгского гриппа в 1968 г., азиатского гриппа в 1958 г., «испанки» в 1918 г. показывает, что во всех случаях кривая изменений ВВП имела V-образную форму [13].

Таким образом, меры по сокращению выбросов загрязняющих веществ во время пандемии COVID-19 улучшают качество воздуха и воды по всему миру в краткосрочной перспективе и вносят значительный вклад в глобальное сокращение выбросов углерода и других парниковых газов, но предпосылок к продолжению этого улучшения нет.

Повышение загрязнения окружающей среды под влиянием пандемии COVID-19

Для предотвращения воздушно-капельного и фекально-орального путей распространения SARS-CoV-2 необходимо использование масок, перчаток и дезинфицирующих средств. В связи с этим при пандемии COVID-19 произошло внезапное и значительное увеличение количества пластиковых медицинских отходов (маски, перчатки, упаковки от дезинфицирующих средств) и снижение их рециркуляции, что привело к загрязнению физических пространств воды и земли [10]. Например, пандемия COVID-19 привела к загрязнению береговой линии из-за неправильной утилизации санитарно-технических расходных материалов [15]. Увеличение количества и расширение состава пластиковых отходов подчёркивает необходимость совершенствования политики сокращения производства пластмасс и разработки динамичных и оперативных систем управления отходами [12].

При амбулаторном лечении пациентов инфицированных отходы утилизируются как бытовые, что опасно для работников коммунальных хозяйств и окружающей среды [14]. В сточных водах многих городов обнаружен SARS-CoV-2, что является потенциальным риском для здоровья и одновременно необходимым условием ранней индикации инфекции в конкретных популяциях. Так, Willemijn Lodder и соавт. [18] обнаружили РНК SARS-CoV-2 в сточных водах, что даёт возможность его количественной оценки и контроля за распространением инфекции. Вначале РНК SARS-CoV-2 концентрировали из сточных вод, затем подсчитывали вирусные РНК количественной полимеразной цепной реакцией обратной транскриптазы (RT-КПЦР) и далее методом моделирования выявили средний диапазон инфицированных лиц – 171–1090, что согласуется с клиническими наблюдениями [17].

Walter Randazzo и соавт. [16] методом концентрации – адсорбции – осаждения гидроксида алюминия определили титры РНК SARS-CoV-2 ($5,4 \pm 0,2 \log_{10}$ геномных копий/л) в необработанных образцах сточных вод на станциях очистки Мурсия Пиренейского полуострова с низкой распространённостью COVID-19 в марте – апреле 2020 г. При сравнении с зарегистрированными случаями COVID-19 выявлена прямая положительная корреляция между ними, что поможет ранней индикации инфекции в популяциях и принятию стратегии снятия сокращения деятельности [16].

Таким образом, использование средств защиты человека и общества от COVID-19 приводит к образованию большого количества медицинских отходов и возникновению проблемы их утилизации. В сточных водах многих городов обнаружена РНК SARS-CoV-2, что представляет опасность для здоровья населения, но в то же время создаёт необходимое условие ранней индикации инфекции в конкретных популяциях.

Влияние загрязнения окружающей среды на пандемию COVID-19

Население районов с высоким уровнем загрязнения воздуха склонно к развитию хронических респираторных заболеваний. Длительное воздействие производных ископаемого топлива, ионизирующего и ультрафиолетового излучений, а также курения способствует развитию иммунодефицита и приводит при COVID-19 к острому и хроническому воспалению даже у молодых и здоровых людей. Жизнеспособность вируса SARS-CoV-2 имеет высокую корреляцию с водными и наземными параметрами окружающей среды: рН, химическим составом, типом поверхности, температурой, влажностью и т. д.

Загрязнение городского воздуха отходами бензиновых и дизельных двигателей увеличивает риски респираторных и сердечных заболеваний и делает людей более уязвимыми по отношению к COVID-19 [45, 46]. Edoardo Conticini и соавт. [20] выявили, что итальянские регионы Ломбардия и Эмилия-Романья имеют самый высокий уровень смертности от вирусов в мире и являются одними из наиболее загрязнённых районов Европы. Высокий уровень загрязнения в Северной Италии следует считать дополнительным фактором высокой летальности от COVID-19 в этой области. Muhammad Farhan Bashir и соавт. [21] оценили корреляцию между факторами загрязнения окружающей среды и вспышкой COVID-19 в Калифорнии, используя данные центров по борьбе с болезнями и Агентства по загрязнению окружающей среды. С помощью корреляционных тестов Спирмена и Кендалла они показали, что PM_{10} , $PM_{2,5}$, SO_2 , NO_2 и CO имеют выраженную корреляцию с эпидемией COVID-19 в Калифорнии.

Yongjian Zhu и соавт. [24] в январе – феврале 2020 г., используя метеорологические данные и параметры загряз-

нения воздуха в 120 городах Китая, выявили значимые положительные корреляции концентраций $PM_{2.5}$, PM_{10} , NO_2 и O_3 в атмосферном воздухе с подтвержденными случаями COVID-19. Так, увеличение на 10 мкг/м^3 содержания $PM_{2.5}$, PM_{10} , NO_2 и O_3 в атмосферном воздухе было связано с повышением ежедневного числа подтвержденных случаев COVID-19 на 2,24; 1,76 и 4,76% соответственно.

Arun Kumar Sharma и соавт. [19] показали, что $PM_{2.5}$ и другие мелкие твердые частицы переносят жизнеспособные вирионы кори и SARS-CoV-2 по воздуху и являются причиной их распространения, что показано на примере Италии и китайского города Ухань. Снижение концентрации $PM_{2.5}$ в атмосферном воздухе при сокращении деятельности способствовало снижению передачи SARS-CoV-2, а высокие концентрации $PM_{2.5}$ увеличили смертность от COVID-19 из-за загрязнения воздуха и сопутствующих заболеваний [19]. Соответственно повышение концентрации $PM_{2.5}$ после сокращения деятельности может ускорить передачу SARS-CoV-2 и увеличить заболеваемость и смертность от COVID-19. По расчётам ведущего института исследования климата Норвегии CICERO, если загрязнение воздуха останется на том же низком уровне в течение всего 2020 г., это поможет избежать 50–100 тыс. преждевременных смертей, что соответствует сокращению на 5–10% ежегодной смертности, связанной с загрязнением воздуха [47]. Aristidis Tsatsakis и соавт. [48] обнаружили положительную связь между иммунодефицитом человека при COVID-19 и длительным воздействием ультрафиолетового и ионизирующего излучений, а также тысяч химических веществ ископаемого топлива. По мнению Karin Moelling и соавт. [49], загрязнение воздуха способствовало крупным вспышкам COVID-19 и серьёзным последствиям от них в Китае, Северной Италии, Иране и Нью-Йорке.

В Северной Италии, Франции, Испании и Великобритании от коронавирусной инфекции погибло в пять раз больше людей, чем в соседних странах – Германии, Швейцарии, Австрии и Дании [22]. Stefan R. Bornstein и соавт. [22] обнаружили положительную корреляцию между концентрациями загрязнений окружающей среды, включая пестициды, диоксины и NO_2 , и уровнем смертности при пандемии COVID-19. Обнаружена также положительная корреляция между хлорированием питьевой воды в этих регионах и COVID-19. Авторы отмечают, что концентрацию этих загрязнений в крови можно снизить терапевтическим аферезом, который эффективен для снижения метаболического воспаления, изменения перфузии сосудов и нейродегенерации, являющихся осложнениями COVID-19 [22].

Длительное воздействие NO_2 вызывает гипертонию, сахарный диабет и сердечно-сосудистые заболевания [23]. Yagor Ogen и соавт. [23] для картирования тропосферного распределения NO_2 использовали Sentinel-5P, а для оценки способности атмосферы рассеивать загрязнение – NCEP/NCAR. Учёные провели пространственный анализ случаев смерти в 66 административных районах Италии, Испании, Франции и Германии и обнаружили, что 3487 (78%) случаев смерти из 4443 произошли в пяти регионах на севере Италии и в центральной Испании. В тех же пяти регионах самые высокие концентрации NO_2 сочетаются с нисходящими потоками воздуха, препятствующими рассеиванию загрязнения атмосферы [23]. Следовательно, длительное воздействие NO_2 может быть одной из наиболее важных причин высокой смертности от COVID-19 в этих регионах и, возможно, во всём мире.

Muhammad Farhan Bashir и соавт. [21], используя данные службы здравоохранения Нью-Йорка и Национальной службы погоды США, с помощью ранговых корреляционных тестов Кендалла и Спирмена выявили, что средняя температура, минимальная температура и качество воздуха в значительной степени связаны с пандемией COVID-19. Preet Lal и соавт. [8] прогнозируют распространение

COVID-19 при абсолютных уровнях влажности 4–9 г/м^3 на большей части земного шара.

Atin Adhikari и соавт. [25] методом регрессионного моделирования изучили связи между COVID-19 и суточными метеорологическими переменными (скорость ветра, температура, относительная влажность, абсолютная влажность, процентное содержание облаков и уровни осадков), озоном и концентрацией $PM_{2.5}$. Авторы показали, что среднесуточная температура, максимальная суточная концентрация озона за восемь часов, средняя относительная влажность и процент облаков достоверно и положительно связаны с подтвержденными случаями COVID-19, но ни одна из этих переменных не показала значимой связи со смертями от COVID-19 [25]. Следовательно, кратковременное воздействие озона и других метеорологических факторов может влиять на возникновение и передачу COVID-19, но обострение и смертность при этом заболевании зависят от других факторов.

Метеорологические параметры являются важными факторами, влияющими на инфекционные заболевания, такие как тяжёлый острый респираторный синдром (ТОРС) и грипп [26]. Yueling Ma и соавт. [26] собрали данные о ежедневной смертности от COVID-19, метеорологических параметрах и данных о загрязнении воздуха в январе – феврале 2020 г. в Ухане (Китай). Методом обобщённой аддитивной модели обнаружили положительную связь показателей суточной смертности от COVID-19 и диапазоном суточных температур ($r = 0,44$) и отрицательную связь с относительной влажностью ($r = -0,32$). Увеличение суточного температурного диапазона на одну единицу связано с увеличением на 2,92% (95%-й ДИ: 0,61–5,28%) смертности от COVID-19 [26].

Сигаретный дым вызывает дозозависимую активацию ангиотензинпревращающего фермента 2 (ACE2), рецептора SARS-CoV-2 в лёгких грызунов и человека [50]. Joan C. Smith и соавт. [50] секвенированием отдельных клеток показали, что ACE2 экспрессируется в секреторных клетках дыхательных путей. Хроническое воздействие дыма вызывает расширение популяции этих клеток и увеличение экспрессии ACE2, а отказ от курения уменьшает количество этих секреторных клеток и снижает уровни ACE2. Это объясняет повышенную восприимчивость курильщиков к SARS-CoV-2 и тяжёлую форму течения COVID-19 у этой группы населения [50].

Б.А. Ревич и Д.А. Шапошников подробно рассмотрели влияние качества воздуха на распространение коронавирусной инфекции в городах [51]. Высокий уровень загрязнения окружающей среды, в том числе сигаретный дым, и метеорологические параметры следует считать дополнительными факторами распространения COVID-19 и высокой летальности при этой инфекции.

Заключение

Анализ литературы о влиянии пандемии COVID-19 на окружающую среду и влиянии окружающей среды на распространение SARS-CoV-2 позволил сделать следующее заключение: сокращение выбросов загрязняющих веществ во время пандемии COVID-19 улучшает качество воздуха и воды во всём мире и способствует глобальному сокращению выбросов парниковых газов, но это улучшение кратковременно. Использование средств защиты от COVID-19 привело к возникновению проблемы утилизации медицинских отходов. ПНК SARS-CoV-2 сточных вод является условием раннего определения COVID-19 в конкретных популяциях и одновременно создаёт опасность заражения населения. Высокий уровень загрязнения окружающей среды, в том числе сигаретный дым, и метеорологические параметры следует считать дополнительными факторами распространения и летальности COVID-19.

Литература

(п.п. 1–26, 28–31, 33–40, 42–50 см. References)

27. Сизова Е.Н., Шмакова Л.Н., Видякина Е.В. Медицинская экология SARS-CoV-2 (обзор литературы). *Вятский медицинский вестник*. 2020; (3): 98–103. <https://doi.org/10.24411/2220-7880-2020-10115>
32. Силаева П.Ю., Силаев А.В. Особенности рассеивания выбросов диоксида азота предприятиями энергокомплекса и их влияние на населенные мегаполисы. *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности*. 2018; 26(1): 63–72. <https://doi.org/10.22363/2313-2310-2018-26-1-63-72>
41. RenEn. Коронавирус поможет ФРГ достичь цели по снижению выбросов парниковых газов на 2020 год; 2020. Доступно: <https://renew.ru/koronavirus-pomozhet-frm-dostich-tseli-po-snizheniyu-vybrosov-parnikovyh-gazov-na-2020-god/>
51. Ревич Б.А., Шапошников Д.А. Пандемия COVID-19: новые знания о влиянии качества воздуха на распространение коронавирусной инфекции в городах. *Проблемы прогнозирования*. 2021; (4): 28–37. <https://doi.org/10.47711/0868-6351-187-28-37>

References

1. Ma C.J., Kang G.U. Air quality variation in Wuhan, Daegu, and Tokyo during the explosive outbreak of COVID-19 and its health effects. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2020; 17(11): 4119. <https://doi.org/10.3390/ijerph17114119>
2. Myllyvirta L. Coronavirus temporarily reduced China's CO₂ emissions by a quarter. *Carbon Brief*; 2020. Available at: <https://www.carbonbrief.org/analysis-coronavirus-has-temporarily-reduced-chinas-co2-emissions-by-a-quarter>
3. Yunus A.P., Masago Y., Hijioka Y. COVID-19 and surface water quality: Improved lake water quality during the lockdown. *Sci. Total Environ*. 2020; 731: 139012. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139012>
4. Braga F., Scarpa G.M., Brando V.E., Manfè G., Zaggia L. COVID-19 lockdown measures reveal human impact on water transparency in the Venice Lagoon. *Sci. Total Environ*. 2020; 736: 139612. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139612>
5. Kanniah K.D., Kamarul Zaman N.A.F., Kaskaoutis D.G., Latif M.T. COVID-19's impact on the atmospheric environment in the Southeast Asia region. *Sci. Total Environ*. 2020; 736: 139658. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139658>
6. Sweney M. Coronavirus: air travel demand 'will fall for first time in 11 years'. Available at: <https://www.theguardian.com/business/2020/feb/21/coronavirus-air-travel-demand-to-fall-for-first-time-in-11-years>
7. Sicard P., De Marco A., Agathokleous E., Feng Z., Xu X., Paoletti E., et al. Amplified ozone pollution in cities during the COVID-19 lockdown. *Sci. Total Environ*. 2020; 735: 139542. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139542>
8. Lal P., Kumar A., Kumar S., Kumari S., Saikia P., Dayanandan A., et al. The dark cloud with a silver lining: Assessing the impact of the SARS COVID-19 pandemic on the global environment. *Sci. Total Environ*. 2020; 732: 139297. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139297>
9. Wang Q., Su M. A preliminary assessment of the impact of COVID-19 on environment – a case study of China. *Sci. Total Environ*. 2020; 728: 138915. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138915>
10. Saadat S., Rawtani D., Hussain C.M. Environmental perspective of COVID-19. *Sci. Total Environ*. 2020; 728: 138870. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138870>
11. CNBC. Yen Nee Lee. 6 charts show the coronavirus impact on the global economy and markets so far; 2020. Available at: <https://www.cnbc.com/2020/03/12/coronavirus-impact-on-global-economy-financial-markets-in-6-charts.html>
12. Patrício Silva A.L., Prata J.C., Walker T.R., Campos D., Duarte A.C., Soares A.M.V.M., et al. Rethinking and optimising plastic waste management under COVID-19 pandemic: Policy solutions based on redesign and reduction of single-use plastics and personal protective equipment. *Sci. Total Environ*. 2020; 742: 140565. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140565>
13. Zambrano-Monserrate M.A., Ruano M.A., Sanchez-Alcalde L. Indirect effects of COVID-19 on the environment. *Sci. Total Environ*. 2020; 728: 138813. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138813>
14. Mol M.P.G., Caldas S. Can the human coronavirus epidemic also spread through solid waste? *Waste Manag Res*. 2020; 38(5): 485–6. <https://doi.org/10.1177/0734242X20918312>
15. Cheval S., Mihai Adamescu C., Georgiadis T., Herrnegger M., Piticar A., Legates D.R. Observed and Potential Impacts of the COVID-19 Pandemic on the Environment. *Int J Environ Res Public Health*. 2020; 17(11): 4140. <https://doi.org/10.3390/ijerph17114140>
16. Randazzo W., Truchado P., Cuevas-Ferrando E., Simón P., Allende A., Sánchez G. SARS-CoV-2 RNA in wastewater anticipated COVID-19 occurrence in a low prevalence area. *Water Res*. 2020; 181: 115942. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.115942>
17. Ahmed W., Angel N., Edson J., Bibby K., Bivins A., O'Brien J.W., et al. First confirmed detection of SARS-CoV-2 in untreated wastewater in Australia: A proof of concept for the wastewater surveillance of COVID-19 in the community. *Sci. Total Environ*. 2020; 728: 138764. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138764>
18. Lodder W., de Roda Husman A.M. SARS-CoV-2 in wastewater: potential health risk, but also data source. *Lancet Gastroenterol. Hepatol*. 2020; 5(6): 533–4. [https://doi.org/10.1016/S2468-1253\(20\)30087-X](https://doi.org/10.1016/S2468-1253(20)30087-X)
19. Sharma A.K., Balyan P. Air pollution and COVID-19: Is the connect worth its weight? *Indian J. Public Health*. 2020; 64(Suppl.): S132–4. https://doi.org/10.4103/ijph.IJPH_466_20
20. Conticini E., Frediani B., Caro D. Can atmospheric pollution be considered a co-factor in extremely high level of SARS-CoV-2 lethality in Northern Italy? *Environ. Pollut*. 2020; 261: 114465. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114465>
21. Bashir M.F., Ma B.J., Bilal, Komal B., Bashir M.A., Farooq T.H., et al. Correlation between environmental pollution indicators and COVID-19 pandemic: A brief study in Californian context. *Environ. Res*. 2020; 187: 109652. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109652>
22. Bornstein S.R., Voit-Bak K., Schmidt D., Morawietz H., Bornstein A.B., Balanzew W., et al. Is there a role for environmental and metabolic factors predisposing to severe COVID-19? *Horm. Metab. Res*. 2020; 52(7): 540–6. <https://doi.org/10.1055/a-1182-2016>
23. Ogen Y. Assessing nitrogen dioxide (NO₂) levels as a contributing factor to coronavirus (COVID-19) fatality. *Sci. Total Environ*. 2020; 726: 138605. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138605>
24. Zhu Y., Xie J., Huang F., Cao L. Association between short-term exposure to air pollution and COVID-19 infection: Evidence from China. *Sci. Total Environ*. 2020; 727: 138704. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138704>
25. Adhikari A., Yin J. Short-term effects of ambient ozone, PM_{2.5}, and meteorological factors on COVID-19 confirmed cases and deaths in Queens, New York. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2020; 17(11): 4047. <https://doi.org/10.3390/ijerph17114047>
26. Ma Y., Zhao Y., Liu J., He X., Wang B., Fu S., et al. Effects of temperature variation and humidity on the death of COVID-19 in Wuhan, China. *Sci. Total Environ*. 2020; 724: 138226. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138226>
27. Sizova E.N., Shmakova L.N., Vidyakina E.V. Medical ecology of SARS-CoV-2 (literature review). *Vyatskiy meditsinskiy vestnik*. 2020; (3): 98–103. <https://doi.org/10.24411/2220-7880-2020-10115> (in Russian)
28. BBC. Coronavirus: Wuhan shuts public transport over outbreak. Available at: <https://www.bbc.com/news/world-asia-china-51215348>
29. SCMP. Coronavirus sends China's aviation industry into free fall, damaging hopes of becoming global hub. Available at: <https://www.scmp.com/economy/china-economy/article/3065236/coronavirus-sends-chinas-aviation-industry-free-fall-damaging>
30. Carbon Brief. Myllyvirta L. As China emerges from one of the most serious epidemics of the century – even as much of the rest of the world remains in a coronavirus crisis – the country's energy demand and emissions are beginning to return to normal. Available at: <https://www.carbonbrief.org/analysis-coronavirus-has-temporarily-reduced-chinas-co2-emissions-by-a-quarter>
31. CarbonBrief. Myllyvirta L. Analysis: Coronavirus temporarily reduced China's CO₂ emissions by a quarter. Available at: <https://www.carbonbrief.org/analysis-coronavirus-has-temporarily-reduced-chinas-co2-emissions-by-a-quarter/>
32. Silaeva P.Yu., Silaev A.V. Peculiarities of dispersion of nitrogen dioxide emissions by the energy complex enterprises and their impact on the population of megapolises. *Vestnik Rossiyskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: Ekologiya i bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti*. 2018; 26(1): 63–72. <https://doi.org/10.22363/2313-2310-2018-26-1-63-72> (in Russian)
33. RenEn. Air pollution goes down as Europe takes hard measures to combat coronavirus; 2020. Available at: <https://www.eea.europa.eu/highlights/air-pollution-goes-down-as>
34. ESA. Coronavirus: nitrogen dioxide emissions drop over Italy. Available at: https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2020/03/Coronavirus_nitrogen_dioxide_emissions_drop_over_Italy
35. Evening Express. Air pollution falls as UK goes into coronavirus lockdown. Available at: <https://www.eveningexpress.co.uk/news/uk/air-pollution-falls-as-uk-goes-into-coronavirus-lockdown/>
36. BBC. Coronavirus: Air pollution and CO₂ fall rapidly as virus spreads. Available at: <https://www.bbc.com/news/science-environment-51944780>
37. CarbonBrief. Coronavirus temporarily reduced China's CO₂ emissions by a quarter. Available at: <https://www.carbonbrief.org/analysis-coronavirus-has-temporarily-reduced-chinas-co2-emissions-by-a-quarter>
38. Otmani A., Benchrif A., Tahri M., Bounakhla M., Chakir E.M., El Bouch M., et al. Impact of COVID-19 lockdown on PM₁₀, SO₂ and NO₂ concentrations in Salé City (Morocco). *Sci. Total Environ*. 2020; 735: 139541. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139541>
39. Muhammad S., Long X., Salman M. COVID-19 pandemic and environmental pollution: A blessing in disguise? *Sci. Total Environ*. 2020; 728: 138820. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138820>

40. Urrutia-Pereira M., Mello-da-Silva C.A., Solé D. COVID-19 and air pollution: A dangerous association? *Allergol. Immunopathol. (Madr.)*. 2020; 48(5): 496–9. <https://doi.org/10.1016/j.aller.2020.05.004>
41. RenEn. Coronavirus will help Germany achieve the goal of reducing greenhouse gas emissions for 2020; 2020. Available at: <https://renen.ru/koronavirus-pomozhet-fig-dostich-tseli-po-snizheniyu-vybrosov-parnikovyyh-gazov-na-2020-god/> (in Russian)
42. WMO. Economic slowdown as a result of COVID-19 is no substitute for Climate Action. Available at: <https://public.wmo.int/en/media/news/economic-slowdown-result-of-covid-no-substitute-climate-action>
43. Global Monitoring Laboratory Earth System Research Laboratories. Trends in Atmospheric Carbon Dioxide. Available at: <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/>
44. Harvard Business Review. Carlsson-Szlezak P., Reeves M., Swartz P. What Coronavirus could mean for the global economy; 2020 Available at: <https://hbr.org/2020/03/what-coronavirus-could-mean-for-the-global-economy>
45. European Public Health Alliance. Coronavirus threat greater for polluted cities; 2020. Available at: <https://epha.org/coronavirus-threat-greater-for-polluted-cities/>
46. Paital B. Nurture to nature via COVID-19, a self-regenerating environmental strategy of environment in global context. *Sci. Total Environ.* 2020; 729: 139088. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139088>
47. News from CICERO. The flip side of the new Coronavirus outbreak – reduced air pollution mortalities? Available at: <https://cicero.oslo.no/en/posts/single/the-flip-side-of-the-new-coronavirus-outbreak-reduced-air-pollution-mortalities>
48. Tsatsakis A., Petrakis D., Nikolouzakis T.K., Docea A.O., Calina D., Vinceti M., et al. COVID-19, an opportunity to reevaluate the correlation between long-term effects of anthropogenic pollutants on viral epidemic/pandemic events and prevalence. *Food Chem. Toxicol.* 2020; 141: 111418. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2020.111418>
49. Moelling K., Broecker F. Air microbiome and pollution: composition and potential effects on human health, including SARS coronavirus infection. *J. Environ. Public Health.* 2020; 2020: 1646943. <https://doi.org/10.1155/2020/1646943>
50. Smith J.C., Sausville E.L., Girish V., Yuan M.L., Vasudevan A., John K.M., et al. Cigarette smoke exposure and inflammatory signaling increase the expression of the SARS-CoV-2 receptor ACE2 in the respiratory tract. *Dev. Cell.* 2020; 53(5): 514–29. <https://doi.org/10.1016/j.devcel.2020.05.012>
51. Revich B.A., Shaposhnikov D.A. The Covid-19 pandemic: new knowledge on the impact of air quality on the spread of coronavirus infection in cities. *Problemy prognozirovaniya.* 2021; 32(4): 357–63. <https://doi.org/10.1134/S1075700721040134>