ДОКЛАДЫ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК. НАУКИ О ЗЕМЛЕ, 2020, том 495, № 1, с. 74–79

ГЕОЭКОЛОГИЯ

УДК 551.588.74

ВЛИЯНИЕ ОГРАНИЧЕНИЙ, ОБУСЛОВЛЕННЫХ COVID-19, НА КАЧЕСТВО ВОЗДУХА В МОСКВЕ

© 2020 г. А. С. Гинзбург[1,*], член-корреспондент РАН В. А. Семенов[1,2], Е. Г. Семутникова[3,4], М. А. Алешина[1,2], П. В. Захарова[5], Е. А. Лезина[5]

Поступило 23.07.2020 г.
После доработки 06.08.2020 г.
Принято к публикации 21.08.2020 г.

Приводятся результаты анализа изменения качества атмосферного воздуха в Москве в период карантина и снижения деловой активности, вызванных пандемией коронавируса нового типа COVID-19. Наблюдаемые изменения загрязнения городской атмосферы представляют собой уникальный эксперимент по оценке влияния различных антропогенных воздействий на состав атмосферного воздуха. Рассматривается влияние погодных факторов и транспортной активности на уровень загрязнения весной 2020 г. Выявлено снижение уровня основных загрязняющих веществ в атмосфере в период ограничительных мер на 30–50%, а также отмечен различный характер изменений вблизи автомагистралей и в жилых районах. Обсуждаются возможности и трудности использования “натурного эксперимента” по резкому снижению транспортных потоков в больших городах для определения вклада различных сфер городского хозяйства (транспорта, энергетики, промышленности, переработки отходов) в суммарное загрязнение воздуха больших городов.

Ключевые слова: COVID-19, карантин, Москва, транспортные потоки, загрязнение атмосферы, качество воздуха

DOI: 10.31857/S2686739720110067

ВВЕДЕНИЕ

Природные и антропогенные катастрофы оказывают негативное воздействие на качество жизни человечества и окружающую среду. Однако их изучение создает новые знания и технологии, которые могут быть использованы для предупреждения и смягчения последствий грядущих катастроф, повышения качества жизни и обеспечения безопасности населения.

Наиболее подвержены антропогенному воздействию атмосферный воздух, водные и природные объекты в больших городах. По оценкам Всемирной организации здравоохранения, болезни, напрямую связанные с загрязнением атмосферного воздуха, являются в настоящее время причиной 4.6 миллиона смертей ежегодно [1]. Антропогенное воздействие является комплексным, поскольку в городских агломерациях на климат, качество воздуха и окружающую среду одновременно влияют как глобальные и региональные природные факторы (глобальное потепление, волны жары и холода и др.), так и специфические внутри- и внегородские факторы (застройка, энергетика, промышленность, транспорт, свалки и др.), оценка относительной значимости которых является сложной задачей (см., напр., [2]). В большинстве крупных городов трудно выделить вклад отдельных источников загрязнения, особенно это касается различных промышленных предприятий и свалок, на фоне основного источника загрязнения городского воздуха – транспорта. Состав атмосферного воздуха в Москве, источники и концентрации атмосферных загрязняющих веществ, тренды качества воздуха в Москве в сравнении с крупнейшими городами мира приводятся в докладах Департамента природопользования и охраны окружающей среды Москвы (см., например, [3]).

Пандемия COVID-19 в несколько раз снизила потоки транспорта на улицах Москвы, других городов России и мира, привела к заметной рецессии экономики и уменьшению промышленных выбросов, загрязняющих атмосферу городов, а

[1] *Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова Российской академии наук, Москва, Россия*
[2] *Институт географии Российской академии наук, Москва, Россия*
[3] *Департамент природопользования и охраны окружающей среды города Москвы, Москва, Россия*
[4] *Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия*
[5] *ГБПУ “Мосэкомониторинг”, Москва, Россия*
**E-mail: gin@ifaran.ru*

Рис. 1. Расположение АКСЗА вблизи автомагистралей и на жилых территориях в границах Москвы 2011 г.

также к заметному уменьшению эмиссии парниковых газов и возможным климатическим эффектам [4]. Данные мониторинга качества атмосферного воздуха объективно демонстрируют существенное снижение содержания вредных веществ. Во многих странах, особенно в густонаселенных областях Китая и Индии [5], где особенно сильно аэрозольное загрязнение атмосферного воздуха, начиная с января этого года отмечается резкое очищение воздуха от взвешенных частиц и автомобильных выбросов. Таким образом, пандемия COVID-19 “поставила натурный эксперимент” по воздействию резкого снижения транспортных потоков на качество городского воздуха.

ИСТОЧНИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА МОСКВЫ

Состав, концентрация и пространственно-временное распределение основных загрязняющих воздух Москвы веществ постоянно отслеживаются автоматическими станциями контроля загрязнения атмосферы (АСКЗА) ГПБУ “Мосэкомониторинг”, ежегодно суммируются и анализируются в докладах Департамента природопользования и охраны окружающей среды Правительства Москвы. Согласно [3], в границах современной Москвы имеется более пятидесяти АСКЗА, расположенных вблизи автомагистралей, на жилых, природных и смешанных территориях. В настоящей работе анализируются данные АСКЗА вблизи автотрасс и на жилых территориях (рис. 1).

Благодаря большому количеству АКСЗА, концентрация загрязняющих веществ в атмосфере Москвы достаточно хорошо известна. Значительно сложнее обстоит дело с идентификацией основных источников загрязнения московского воздуха. Это обусловлено тем, что далеко не все источники загрязнения воздуха Москвы расположены в административных границах города. При

этом оценки выбросов от различных источников (транспорт, промышленность, отходы) представляют собой комплексную и сложную задачу, поскольку предоставление данных о выбросах различных отраслей городского хозяйства не всегда регулируется нормативными актами и зачастую является проявлением экологической ответственности бизнеса. Кроме того, перенос и накопление загрязняющих веществ в городе сильно зависят от конкретных метеорологических условий.

В Москве, как во всех больших городах, основной источник выбросов загрязняющих веществ – автотранспорт, который создает высокую пространственную изменчивость загрязнений с максимумом вблизи автотрасс и минимумом на жилых и пригородных территориях. Объем выбросов автомобильного транспорта является полностью расчетной величиной, основанной на данных о выбросах различных типов автомобилей при разных условиях работы двигателя.

Основной вклад в выбросы загрязняющих веществ автомобильным транспортом в Москве вносит оксид углерода (почти 2/3 от всех выбросов), он является продуктом неполного сгорания топлива. Концентрация оксида углерода зависит от конфигурации дорожной сети, интенсивности дорожного движения, погодных условий и конфигурации улиц. Его средняя концентрация в последние годы находилась на уровне 0.36 мг/м^3. Примерно 20% выбросов транспорта составляют оксиды азота, немногим более 10% составляют летучие углеводороды. Выбросы взвешенных частиц составляют около 1% без учета выбросов от истирания дорожного покрытия, шин и тормозных колодок автомобилей, которые составляют от 2.5 до 5 тыс. тонн/год [3].

ВОЗДУХ ГОРОДА ВО ВРЕМЯ КАРАНТИНА

Снижение загрязнения воздуха во время действия ограничений, обусловленных пандемией COVID-19, отмечалось во многих городах и регионах мира (см., например, [4–7] и другие публикации весны и лета 2020 г.). Большинство этих публикаций основано на данных спутниковых наблюдений за содержанием атмосферных газов (преимущественно диоксида азота). Наземные измерения динамики атмосферных загрязнений во время карантина пока недостаточно проанализированы. Можно отметить только отдельные публикации, например [7], где проведено сравнение содержания аэрозоля до и во время карантина в Алма-Ате по данным одной станции в центре города.

В Москве с начала апреля и до середины мая 2020 г. наблюдались преимущественно пониженные концентрации загрязняющих веществ. Это могло быть связано с существенным снижением интенсивности движения автотранспорта, выбросы которого в обычное время составляют более 90% от общего объема выбросов загрязняющих веществ в атмосферу Москвы. По данным Департамента транспорта города Москвы загруженность дорожной сети Москвы в апреле 2020 г. была примерно в четыре раза меньше, чем в апреле 2019 г. [8].

Таблица 1. Уменьшение средней концентрации основных загрязняющих веществ в атмосферном воздухе Москвы в апреле 2020 г. по сравнению со средним уровнем за последние годы (в процентах) по данным ГПБУ “Мосэкомониторинг”

Загрязнитель	Вблизи автотрасс	В жилых кварталах
Оксид углерода	–28%	–38%
Диоксид азота	–33%	–55%
Оксид азота	–63%	–66%
Взвешенные частицы	–17%	–28%

Средние концентрации загрязняющих веществ за апрель 2020 г. оказались ниже средних за предшествующие три года. При этом снижение загрязнения воздуха по-разному проявляется вблизи автотрасс и на жилых территориях (табл. 1).

В табл. 1 продемонстрирован интересный факт, характеризующий перенос и осаждение загрязняющих веществ в атмосфере города, и который показывает, что во время карантина и соответствующего ограничения транспортной активности воздух внутри жилых кварталов очистился больше, чем вблизи автотрасс.

Необходимо отметить особые трудности оценки воздействия карантина на качество воздуха в Москве во втором квартале 2020 г. Во-первых, весной после таяния снега в воздухе московского региона обычно повышается содержание загрязняющих веществ и особенно взвешенных частиц. В 2020 г. была экстремально малоснежная зима, в результате которой сезонный ход содержания аэрозоля в воздухе Москвы в первой половине года мог быть нетипичным. Во-вторых, в конце марта 2020 г. был период положительной аномалии давления, приведшей к сильному развитию неблагоприятных метеорологических условий, способствующих накоплению и кратному повышению содержания загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы. За этим последовало понижение давления в апреле и первой половине мая. Таким образом, тенденции изменения давления с марта по май в целом были схожи с динамикой индекса транспортной активности в Москве. В силу метеорологических особенностей весны 2020 г. для выявления причин изменений качества воздуха во время карантина относительно средних данных, полученных ГПБУ “Мосэко-

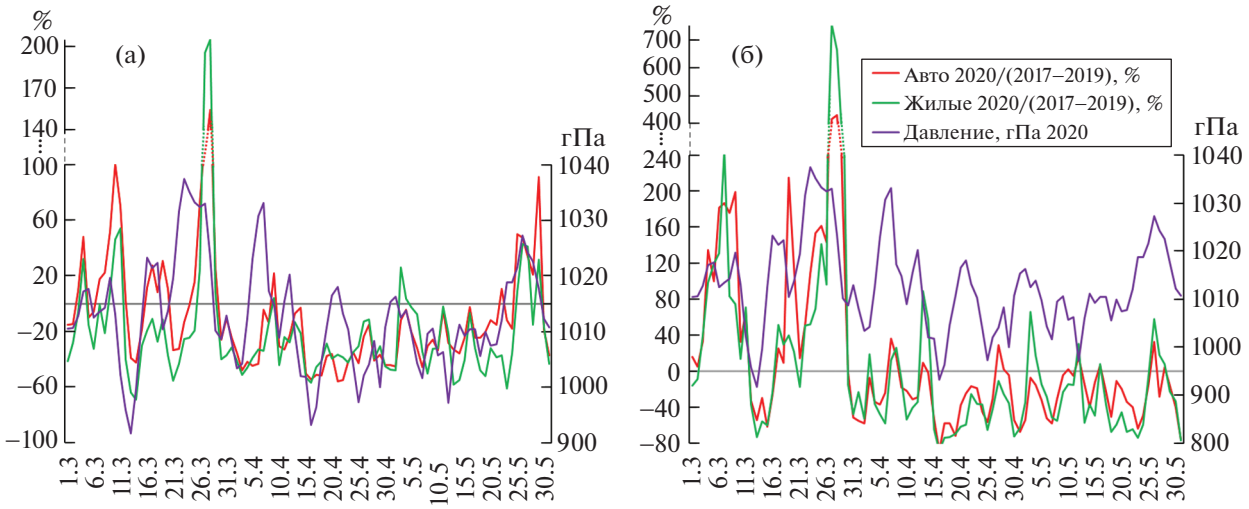

Рис. 2. Изменение концентраций CO (А) и PM_{10} (Б) весной 2020 г. по сравнению со средними значениями 2017–2019 гг. (в %) для АКСЗА вблизи автомагистралей (красные линии) и в жилых районах (зеленые линии). Фиолетовым цветом показан ход атмосферного давления на уровне моря по данным метеостанции Балчуг (в гПа).

мониторинг" за период 2017–2019 гг., требуется тщательный анализ.

Изменения среднесуточных концентраций загрязняющих веществ в Москве в марте-мае 2020 г. относительно средних значений за 2017–2019 гг. показаны на рис. 2. Также показаны значения атмосферного давления на уровне моря. Резкий кратковременный скачок концентраций 27–28 марта, как указывалось выше, связан с мощной положительной аномалией давления и сложившимися неблагоприятными условиями для рассеивания примесей. Несмотря на метеорологические особенности весны 2020 г., можно заметить зависимость содержания ряда загрязняющих веществ и, в первую очередь, угарного газа от снижения транспортной активности в Москве (транспортная активность оценивалась по данным Департамента транспорта Москвы [8]).

Департамент транспорта Москвы в период карантина оперативно публиковал данные об интенсивности пассажиропотоков общественного и личного транспорта в городе. Поскольку пассажиропоток общественного транспорта измеряется в миллионах перевезенных человек в сутки, то и данные о потоках личного транспорта приводились в тех же единицах. Данные о пассажиропотоках общественного транспорта не очень информативны для целей данного исследования, поскольку этот транспорт включает в себя не только автобусы, выхлопы которых загрязняют городскую атмосферу, но и электрифицированный транспорт – метро, электрички, трамваи и троллейбусы. Ввиду преобладающего количества личного автотранспорта в общем числе автомобилей на дорогах Москвы (согласно данным Мосгортранса и ЦОДД, число легковых автомобилей превышает количество автобусов более, чем в 100 раз) и пропорциональности количества пассажиров числу автомобилей, данные о пассажиропотоках в части личного транспорта можно использовать как индекс общей транспортной активности в городе.

В марте 2020 г. до введения карантина содержание CO вблизи автотрасс существенно превышало его содержание в воздухе жилых территорий. В апреле и в начале мая содержание CO в целом по городу значительно снизилось, при этом его концентрации вблизи автотрасс и на жилых территориях стали более близкими друг к другу. С середины мая по мере снятия ограничений и роста транспортной активности концентрация CO стала расти, причем вблизи автотрасс значительно быстрее, чем на жилых территориях (рис. 3).

Важность учета погодных условий для интерпретации очищения воздуха в городах во время карантина отмечают и американские ученые [9]. По их мнению, наблюдаемое по спутниковым данным заметное снижение содержания диоксиду азота (NO_2) в марте-апреле 2020 г. в разных городах США существенно зависит от режима осадков в соответствующих регионах страны. Аналогичные выводы получены и для загрязнений в китайских городах, где на фоне общего снижения уровня при карантине отмечались экстремально высокие уровни загрязнения, связанные с погодными условиями [5].

ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенный анализ некоторого улучшения качества воздуха в Москве во время действия ограничений, обусловленных COVID-19, показал различие воздействия снижения экономической

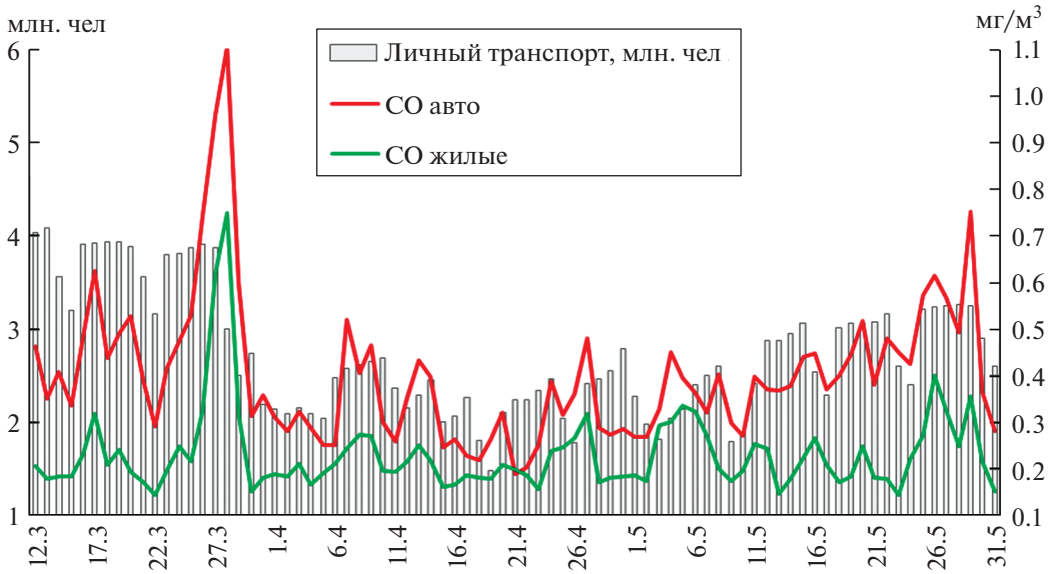

Рис. 3. Ход концентраций СО весной 2020 г. для станций вблизи автомагистралей (красные линии) и в жилых районах (зеленые линии). Серым цветом показана динамика пассажиропотока личного транспорта (млн. чел/сут).

активности на содержание разных атмосферных загрязняющих веществ вблизи автотрасс и в жилых кварталах города.

Одновременно выявились трудности учета погодных условий для интерпретации очищения городского воздуха во время карантина и сравнения данных наблюдений в весенние сезоны разных лет.

Дальнейший анализ изменений содержания атмосферных загрязняющих веществ в условиях резкого снижения экономической активности поможет усовершенствовать методы оценки вклада различных источников в загрязнение атмосферного воздуха и влияние уменьшения транспортных потоков на качество воздуха.

Для надежных количественных оценок эффекта снижения потоков транспорта и снижения экономической активности на содержание загрязняющих веществ в городской атмосфере необходимо провести инвентаризацию состава и величины выбросов в атмосферу газовых и аэрозольных загрязнителей от различных видов промышленных предприятий, объектов энергетики, торговли (включая объекты общественного питания), бытового обслуживания и других отраслей городского хозяйства, а также свалок и мусороперерабатывающих предприятий с учетом специфики различных городов России, таких как Москва, Санкт-Петербург, Омск и Челябинск, где разное соотношение источников выбросов и при этом есть достаточно развитая сеть наблюдений.

Результаты такого исследования могут быть использованы для планирования “зеленого” развития городского хозяйства и экологического “оздоровления” промышленных предприятий.

ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ

Данное исследование выполнено при поддержке проектов РНФ № 19-17-00242 и РФФИ № 20–05–00254.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Cohen A.J., Brauer M., Burnett R., et al.* Estimates and 25-year Trends of the Global Burden of Disease Attributable to Ambient Air Pollution: An Analysis of Data from the Global Burden of Diseases Study 2015 // Lancet. 2017. V. 389. P. 1907–1918.
2. *Popovicheva O., Padoan S., Schnelle-Kreis J., et al.* Spring Aerosol in the Urban Atmosphere of a Megacity: Analytical and Statistical Assessment for Source Impacts // Aerosol and Air Quality Research. 2020. V. 20. P. 702–719.
3. О состоянии окружающей среды в городе Москве в 2018 году / Под ред. А.О. Кульбачевского. М.: ДПиООС; НИиПИ ИГСП; ООО “Студио Арроу”. 2019. 247 с.
4. https://svs.gsfc.nasa.gov/4810 Reductions in Nitrogen Dioxide Associated with Decreased Fossil Fuel Use Resulting from COVID-19 Mitigation Visualizations by Trent L. Schindler.
5. *Wang P., Chen K., Zhua S., Wang P., Zhang H.* Severe Air Pollution Events Not Avoided by Reduced Anthropogenic Activities during COVID-19 Outbreak // Resources, Conservation and Recycling. 2020. V. 158. July. 104814. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104814
6. *Le Quéré C., Jackson R.B., Jones M.W., et al.* Temporary Reduction in Daily Global CO_2 Emissions during the COVID-19 Forced Confinement // Nat. Clim. Chang. 2020. V. 10. P. 647–653. https://doi.org/10.1038/s41558-020-0797-x

7. *Kerimray A., Baimatova N., Ibragimova O.P., et al.* Assessing Air Quality Changes in Large Cities during COVID-19 Lockdowns: The Impacts of Traffic-free Urban Conditions in Almaty, Kazakhstan // Science of the Total Environment. 2020. V. 730. P. 139–179. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139179
8. https://tlgrm.ru/channels/@DtRoad Пресс-служба Департамента транспорта и дорожного хозяйства Москвы.
9. *Schiermeier Q.* Why Pollution is Falling in Some Cities—But Not Others // Nature. 2020. V. 580. P. 313.

IMPACT OF COVID-19 LOCKDOWN ON AIR QUALITY IN MOSCOW

A. S. Ginzburg[a,#], Corresponding Member of the RAS V. A. Semenov[a,b], E. G. Semutnikova[c,d], M. A. Aleshina[a,b], P. V. Zakharova[e], and E. A. Lezina[e]

[a] *A.M. Obukhov Institute of Atmospheric Physics, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation*
[b] *Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation*
[c] *Moscow City Department for Environmental Management and Protection, Moscow, Russian Federation*
[d] *M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation*
[e] *Budgetary Environmental Protection Institution "MOSECOMONITORING", Moscow, Russian Federation*
[#] *E-mail: gin@ifaran.ru*

The results of the analysis of changes in atmospheric air quality in Moscow during the period of lockdown and reduced business activity caused by the COVID-19 pandemic are presented. The observed changes in urban air pollution represent a unique experiment to assess the impact of various anthropogenic influences on the composition of atmospheric air. The influence of weather factors and transport activity on the level of pollution in the spring of 2020 is considered. There was a 30%–50% decrease of major pollutants in the atmosphere during the period of the lockdown. Importantly, a different dynamic of changes near motorways and in residential areas was revealed. The paper discusses the possibilities and difficulties of using a "natural experiment" on a sharp decrease in traffic intensity in large cities to determine the contribution of various branches of urban economy (transport, energy, industry, waste management) to the total air pollution of large cities.

Keywords: COVID-19 lockdown, Moscow, air quality, atmospheric pollution, city traffic