

УДК 550.348; 577.3.534

ОСОБЕННОСТИ АКУСТИЧЕСКОГО ШУМА В АТМОСФЕРЕ г. МОСКВЫ ВО ВРЕМЯ КАРАНТИНА ПО COVID-19 в 2020 г.

А. А. Спивак, Д. Н. Локтев, Ю. С. Рыбнов, В. А. Харламов

ИДГ РАН, Москва

Приведены результаты инструментальных наблюдений за акустическими колебаниями в атмосфере г. Москвы в период карантина по COVID-19. Анализ результатов инструментальных наблюдений, выполненных в Центре геофизического мониторинга г. Москвы Института динамики геосфер РАН, показал, что снижение производственной активности во время карантинных мероприятий привело к существенному изменению амплитудных и спектральных характеристик акустического шума в мегаполисе по сравнению со средними данными, полученными в результате многолетних наблюдений.

DOI: 10.26006/IDG.2020.36.66.016

Введение

Акустический шум является одним из основных негативных факторов, характеризующих среду обитания в условиях крупных городских агломераций [Адушкин, Спивак, 1995].

Наряду с природными источниками акустического шума в условиях мегаполисов существуют многочисленные источники антропогенного типа, связанные с работой многочисленных производственных, строительных и транспортных предприятий, а также других организаций, связанных, например, с обеспечением коммунальных потребностей города и т.д. [Спивак и др. 2019]. Москва – как один из крупнейших мегаполисов – характеризуется высоким уровнем зашумленности, отрицательно сказывающейся на организме человека [Рыбнов, Харламов, 1995; Колесник и др., 2013; Экология, 2008; Damijan, Wiciak, 2005; Leventhall et al., 2003].

Для определения влияния техногенных источников на среду обитания, а также формирования базы данных для решения прикладных и фундаментальных задач требуется проведение исследований характеристик акустического шума в условиях мегаполиса.

Выделению техногенной составляющей акустического шума способствовало установление в марте и мае 2020 г. карантина по COVID-19. В этот период в Москве была приостановлена деятельность большинства промышленных предприятий, не связанных с обеспечением жизнедеятельности города. Одновременно это привело к значительному снижению автотранспортной нагрузки на город и железнодорожных перевозок.

Имеющиеся публикации свидетельствуют о заметном снижении уровня сейсмического шума в период COVID-19 [Lecocq et al., 2020; Poli et al., 2020; Somala, 2020]. В настоящей работе рассматриваются параметры акустического шума в условиях г. Москвы в период карантина в сравнении с предшествующим ему периодом.

Исходные данные

В качестве исходных данных использовались ряды инструментальных наблюдений за микропульсациями атмосферного давления, которые выполняются в Центре геофизического мониторинга г. Москвы ИДГ РАН (ЦГМ)¹ с 2014 г. по настоящее время [Спивак и др., 2016]. Микропульсации атмосферного давления P (акустические колебания) регистрируются в разных частотных диапазонах с помощью микробарометров МБ-02 в диапазоне частот 0,05–30 Гц и МБ-03 — 0,001–10 Гц [Рыбнов и др., 2005]. Одновременно с помощью цифровой автоматической метеостанции Davis Vantage Pro2 регистрируются метеорологические параметры: скорость ветра, температура и влажность воздуха, атмосферное давление и другие метеопараметры, характеристики которых служат в качестве дополнительной информации о состоянии приземной атмосферы.

Результаты регистрации в виде привязанных ко времени t цифровых рядов $P(t)$ накапливаются на жестких носителях и выкладываются на сайте ИДГ РАН (www.idg-corm.chph.ras.ru) в графическом и цифровом видах. Для анализа выбирались данные за февраль–май 2020 г., полученные в периоды, характеризующиеся спокойной метеобстановкой: отсутствием сильных атмосферных возмущений в виде ураганов и шквалов, а также атмосферных фронтов.

Характеристики акустического шума в г. Москве

Анализ данных, полученных в результате долговременных инструментальных наблюдений показывает, что в целом среднесуточная амплитуда акустических колебаний в г. Москве в 1,5–2 раза превышает значения, характерные для территорий, расположенных вне зоны влияния мегаполиса [Рыбнов и др., 2019; Спивак и др., 2019]. Для сравнения на рис. 1 приведены спектры акустического шума в инфразвуковом диапазоне частот в г. Москве (S_1) и в Геофизической обсерватории «Михнево», расположенной в 85 км южнее мегаполиса (S_2) [Адушкин и др., 2016]. Отличие в характеристиках акустического шума мегаполиса от удаленных от мегаполиса территорий объясняется наличием в городской агломерации техногенных источников, а также более высокими значениями параметра шероховатости земной поверхности K , который определяет масштаб турбулентности у земной поверхности [Коваленко, Орлова, 1993], в условиях города ($K \sim 2\text{--}3,5$) по сравнению с природной зоной, где $K \sim 0,7\text{--}1$ [Simiu, Scanlan, 1978].

Таблица 1

Отношение средних по интервалам значений спектральных амплитуд $\langle S_1 \rangle$ и $\langle S_2 \rangle$ для разных диапазонов частот

Δf , мГц	0,03–0,1	0,1–0,3	0,3–1	1–2	2–4	4–8
$\langle S_1 \rangle / \langle S_2 \rangle$	1,38	1,51	2,1	3,6	6,0	7,2

Как это следует из данных рис. 1, отношение средних по интервалам значений спектральных амплитуд $\langle S_1 \rangle$ и $\langle S_2 \rangle$ для разных диапазонов частот существенно отличаются (табл. 1), причем с увеличением частоты f отношение $\langle S_1 \rangle / \langle S_2 \rangle$ заметно возрастает. Если для относительно низких частот отношение $\langle S_1 \rangle / \langle S_2 \rangle$

¹Центр с координатами 55.70°N; 37.57°E расположен на Ленинском проспекте г. Москвы

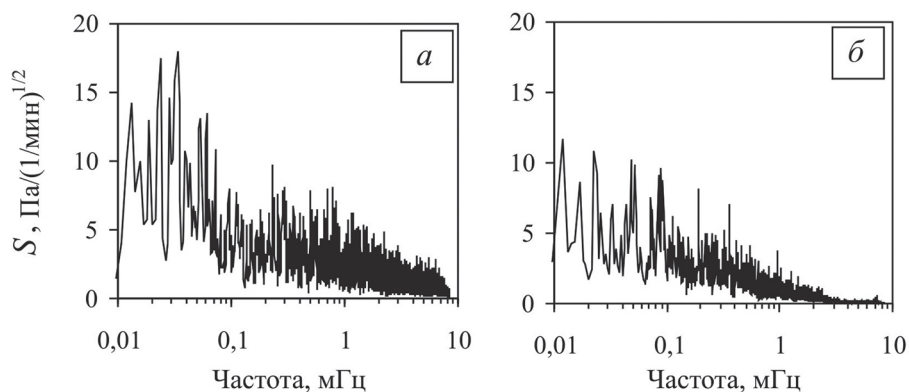


Рис. 1. Спектр акустических колебаний в г. Москве (а) и в ГФО МНВ (б) по данным за 10–15 августа 2017 г.

близко к 1,5, то для частот в диапазоне 4–8 мГц (диапазон периодов ~ 2 –4 мин) это соотношение достигает 7,2. Из этого следует вывод, что вклад техногенной составляющей в общий уровень акустического шума увеличивается с ростом частоты. Шум P от времени t характеризуются ярко выраженной суточной периодичностью: амплитуда минимальна в ночное время и максимальна в дневное, когда производственная деятельность наиболее интенсивна. Суточный ход среднеквадратической амплитуды акустического шума P_M , полученный по результатам многолетних наблюдений в ЦГМ, представлен на рис. 2.

Отметим, что приведенная на рис. 2 зависимость демонстрирует не только суточную периодичность $P(t)$, но также наличие двух менее выраженных локальных максимумов в районе 8–10 ч и 18–20 ч по местному времени. Следует подчеркнуть, что в эти же периоды времени проявляются локальные максимумы интенсивности транспортного потока по Ленинскому проспекту U (ход зависимости $U(t)$ по данным мониторинговых наблюдений Департамента природопользования и охраны окружающей среды г. Москвы приведен на рис. 3). Совпадение максимумов

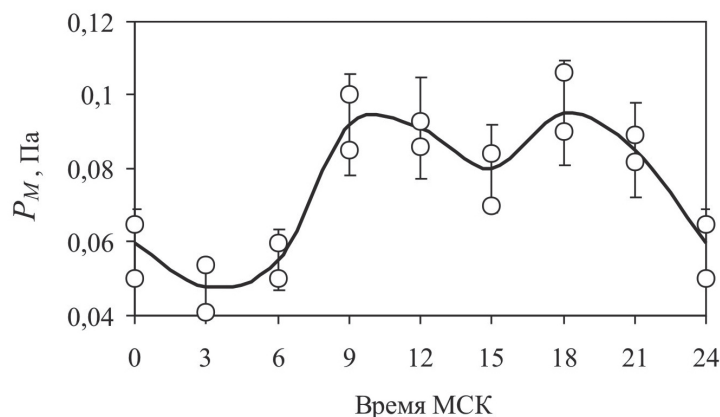


Рис. 2. Суточный ход среднеквадратической амплитуды акустического шума в г. Москве

загруженности Ленинского проспекта транспортом в утренние часы (движение в сторону центра города в начале рабочего дня) и в вечерние часы (движение в сторону области по окончании рабочего дня) с максимумами в суточном ходе P_M свидетельствует о том, что вклад транспортной составляющей в общий акустический шум следует рассматривать как значительный.

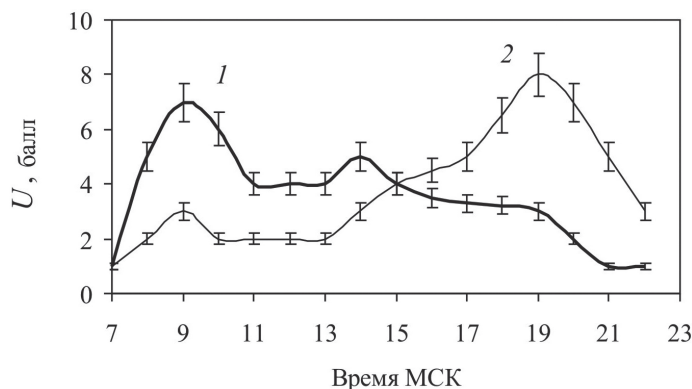


Рис. 3. Загруженность Ленинского проспекта г. Москвы транспортом в направлении к центру города (1) и от центра (2)

Акустический шум в период карантина по COVID-19

Анализ данных инструментальных наблюдений в ЦГМ свидетельствует о том, что снижение интенсивности транспортных потоков и приостановка деятельности значительного количества производственных предприятий и организаций в г. Москве на время карантина привели к заметному изменению амплитудных и спектральных характеристик городского акустического шума. В частности, на рис. 4 приведены спектры акустического шума (рис. 4 а, б) в наиболее важном для человека частотном диапазоне, оцененные по результатам инструментальных наблюдений в ЦГМ в период карантина (S_C) и в предшествующий ему период (S_0).

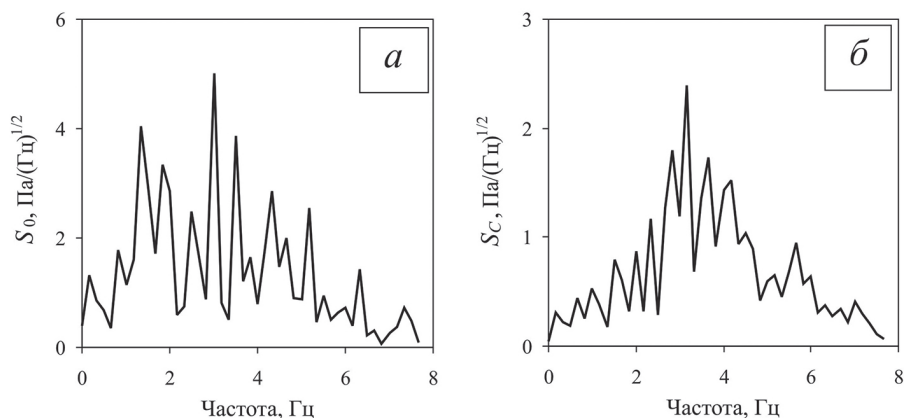


Рис. 4. Спектры акустических колебаний в г. Москве по данным ЦГМ за период 20–24 марта 2020 г. (а) и в период карантина 20–24 мая 2020 г. (б)

Представленные на рис. 4 данные показывают, что максимальные значения спектральной плотности акустических колебаний наблюдаются и в том и другом случае в диапазоне частот 1–5 Гц. Однако в отличие от предшествующего карантину периода, когда наблюдается 8 основных спектральных максимумов с частотами f_0 в диапазоне 1,3–6,3 Гц и спектральной амплитудой S_0 от 1,4 до 5 Па/(Гц)^{1/2} (табл. 2), спектр акустического шума во время карантина характеризуется наличием 5 спектральных пиков с частотами f_c , близкими к f_0 , но в более узком диапазоне 2,5–5,1 Гц, и со спектральными амплитудами S_c , существенно меньшими по сравнению с S_0 .

Таблица 2

Спектральные характеристики акустического шума в г.Москва (Ленинский проспект) во время карантина по COVID-19 и в предшествующий период

Дата	Параметры								
20–24 марта 2020 г.	f_0 , Гц	1.3	1.8	2.5	3.0	3.5	4.3	5.1	6.3
	S_0 , Па/(Гц) ^{1/2}	4,1	3,4	2,5	5,0	3,8	2,8	2,5	1,4
20–24 мая 2020 г.	f_c , Гц	-	-	2.8	3.1	3.6	4.1	5.6	-
	S_c , Па/(Гц) ^{1/2}	-	-	1,8	2,4	1,7	1,5	1,0	-

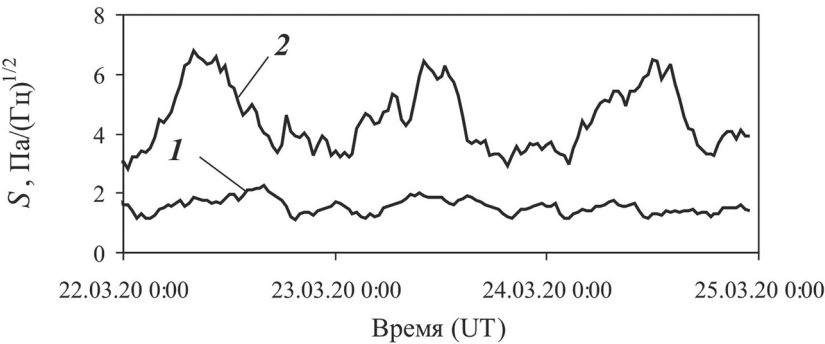


Рис. 5. Суточный ход амплитуды спектральной плотности на частоте 3 Гц: в период карантина 22–24 мая 2020 г. (1) и в предшествующий ему период 22–24 марта 2020 г. (2)

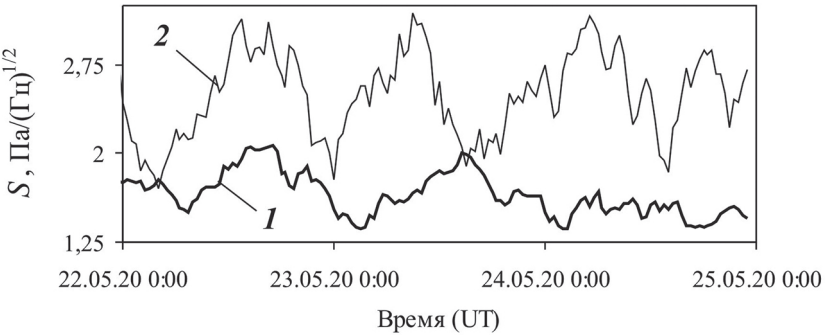


Рис. 6. Суточный ход амплитуды спектральной плотности на частоте 5 Гц: в период карантина 22–24 мая 2020 г. (1) и в предшествующий ему период 22–24 марта 2020 г. (2)

Одновременно с изменением самих спектральных характеристик карантин привел к изменению суточного хода амплитуд разных спектральных максимумов S . В качестве примера на рис. 5 и 6 приведены зависимости $S(t)$ соответственно для частот 3 и 5 Гц совместно для периода карантина и предшествующего ему периода.

Из данных, приведенных на рис. 5 и 6, следует, что в отличие от периода, предшествующего карантину, в период самого карантина спектральные амплитуды на 3-х и 5-ти Гц примерно в 1,5–2 раза ниже, а суточная периодичность проявляется в гораздо меньшей степени.

Заключение

Приведенные данные показывают, что введенный карантин существенно снизил акустическую нагрузку техногенного происхождения на г. Москву: на период карантина существенно (в 1,5–2,5 раза) уменьшилась амплитуда акустических колебаний, сузился их частотный диапазон. Характерно, что суточный ход амплитудных характеристик акустического шума в период карантина является практически постоянным в отличие от периодов, характеризующихся интенсивной хозяйственной деятельностью в мегаполисе, когда в указанном суточном ходе отчетливо проявляются суточные периодичности, связанные с интенсификацией транспортных потоков в городе и функционирования большинства промышленных предприятий, работающих в одну дневную смену. Авторы полагают, что полученные данные могут быть полезны при оценке количественного вклада техногенных источников мегаполиса в общую картину на основе сравнения амплитудно-частотных характеристик акустического шума в период карантина с аналогичными характеристиками в предшествующий ему период.

Исследования выполнены по государственному заданию (тема АААА-А-19_119021890067-0).

Литература

Адушкин В. В., Спивак А. А. Мегаполис: проблема геофизических полей // Наука в России. 1995. № 5. С. 65–69.

Адушкин В. В., Овчинников В. М., Санина И. А., Ризниченко О. Ю. «Михнево»: от сейсмостанции № 1 до современной геофизической обсерватории // Физика Земли. 2016. № 1. С. 108–120.

Коваленко П. П., Орлова Л. Н. Городская климатология. М. : Стройиздат, 1993. – 144 с.

Колесник А. Г., Побаченко С. В., Соловьев А. В. Оценка сопряженности показателей ЭЭГ мозга человека с параметрами фоновых инфразвуковых колебаний давления по данным мониторинговых исследований // Геофизические процессы и биосфера. 2013. Т. 12. № 1. С. 70–82.

Рыбнов Ю. С., Харламов В. А. Об источниках сильных инфразвуковых возмущений в мегаполисе. В сб. научных трудов «Динамические процессы во внутренних и внешних оболочках Земли (геофизика сильных возмущений)». ИДГ РАН, Москва, 1995. С. 236–244.

Рыбнов Ю. С., Харламов В. А., Евменов В. Ф. Инфразвуковая система регистрации акустико-гравитационных волн. В сб. научных трудов «Динамические процессы в системе внутренних и внешних взаимодействующих волн» ИДГ РАН. М. : ГЕОС, 2005. С. 29–33.

Рыбнов Ю. С., Спивак А. А., Соловьев С. П., Харламов В. А. Локальные источники инфразвукового шума в мегаполисе // Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы: материалы XXV международного симпозиума (г. Новосибирск, 1–5 июля 2019 г). Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2019. С. D-27–D-30.

Спивак А. А., Кишкина С. Б., Локтев Д. Н., Рыбнов Ю. С., Соловьев С. П., Харламов В. А. Аппаратура и методики для мониторинга геофизических полей мегаполиса и их применение в Центре геофизического мониторинга г. Москвы ИДГ РАН // Сейсмические приборы. 2016. Т. 52. № 2. С. 65–78.

Спивак А. А., Рыбнов Ю. С., Харламов В. А. Некоторые характеристики акустического шума в г. Москве // Геофизические процессы и биосфера. 2019. Т. 18. № 1. С. 118–124.

Экология человека в изменяющемся мире / Колл. авторов. Изд. 2-е, доп. Екатеринбург: УрО РАН, 2008.

Damijan Z. M., Wiciak Jj. The influence of infrasonic on the changes of EEG signal morphology // Molecular and Quantum Acoustics. 2005. Vol. 26. P. 61–74.

Lecocq T., Hicks S. P., Noten K. V. et al. Global quieting of high-frequency seismic noise due to COVID-19 pandemic lockdown measures // Science. 2020. 23 July, abd2438.

Leventhall G., Pelmeur P., Benton S. A. review of published research on low frequency noise and its effects // Rep. for Defra. 2003. – 88 p.

Poil P., Boaga J., Molinari I., Cascone V., Boschi L. The 2020 coronavirus lockdown and seismic monitoring of anthropic activities in Northern Italy // Scientific reports. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-66368-0>.

Somala S. N. Seismic noise changes during COVID-19 pandemic: a case study of Shillong, India // Natural Hazards. 2020. 14 May. <https://doi.org/10.1007/s11069-020-04045-1>.

Simiu E., Scanlan R. H. Wind effects on structures: an introduction to wind engineering. John Wiley&Sons. N. Y., 1978. – 384 p.