Мониторинг содержания диоксида азота в воздушном бассейне России по спутниковым данным в условиях пандемии COVID-19

А. А. Тронин, А. В. Киселёв, М. П. Васильев, М. С. Седеева, Г. М. Неробелов

Санкт-Петербургский научно-исследовательский центр экологической безопасности РАН, Санкт-Петербург, 197110, Россия
E-mail: a.a.tronin@ecosafety-spb.ru

В 2020 г. мир столкнулся с пандемией, вызванной коронавирусом SARS-CoV-2. В целях борьбы с распространением пандемии COVID-19 в Российской Федерации с 30 марта по 11 мая 2020 г. действовал режим нерабочих дней, многие люди перешли на удалённый режим работы. Надёжным индикатором интенсивности антропогенной деятельности оказалось содержание диоксида азота в атмосфере. Основными инструментами для долговременного мониторинга концентрации диоксида азота в столбе атмосферы служат спектрометр OMI на борту спутника Aura и спектрометр TROPOMI, установленный на борту спутника Sentinel-5. Наиболее интенсивные аномалии концентрации газа наблюдаются в Москве, Московской обл. и Санкт-Петербурге. В 2020 г. зафиксировано резкое падение содержаний диоксида азота, связанное с карантином, вызванным пандемией COVID-19. Значительное уменьшение газа в атмосфере было вызвано сокращением экономической активности на всей территории России. Однако режим нерабочих дней в апреле – мае 2020 г. не привёл к радикальному очищению атмосферы Москвы и Санкт-Петербурга, как это наблюдалось в Китае.

Ключевые слова: диоксид азота, спутниковое зондирование, OMI, TROPOMI, COVID-19

Одобрена к печати: 22.06.2021

DOI: 10.21046/2070-7401-2021-18-3-309-313

Введение

Первые сообщения о вспышках болезни, вызванной коронавирусом SARS-CoV-2, появились в Китае 31 декабря 2019 г. В 2020 г. мир поразила пандемия коронавирусной инфекции. 2 марта 2020 г. был выявлен первый случай заболевания COVID-19 в Москве. В целях борьбы с распространением пандемии COVID-19 во всей стране с 30 марта по 11 мая 2020 г. действовал режим нерабочих дней. После завершения единого для всей страны нерабочего периода продолжали действовать ограничения для пожилых людей и страдающих хроническими заболеваниями, были запрещены массовые мероприятия. Полномочия по смягчению или ужесточению карантинных ограничений были преданы главам регионов.

В январе 2020 г. в Китае были введены строгие меры по сдерживанию распространения вируса COVID-19: самоизоляция, карантин, закрытие границ и производств, ограничение авиасообщения (Chen et al., 2020). Вследствие пандемии в Китае произошло сокращение потребляемой энергии по сравнению с предыдущими годами на 25 % и выбросов в течение двух недель с момента начала карантина. В некоторых районах Китая сокращение эмиссии привело к уменьшению содержания NO₂ почти на 90 % (Le et al., 2020). Сокращение было связано со снижением промышленного производства, потребления электроэнергии и использования транспорта (Chen et al., 2020; <https://www.carbonbrief.org/analysis-coronavirus-has-temporarily-reduced-chinas-co2-emissions-by-a-quarter>).

На снимках со спутника Aura зафиксировано радикальное падение концентрации диоксида азота над Китаем (<https://earthobservatory.nasa.gov/images/146362/air-borne-nitrogen-dioxide-plummets-over-china>), а на снимках спутника Sentinel-5 было отмечено сокращение выбросов газов над Европой, в особенности над Италией (Virghileanu et al., 2020; https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-5P/Coronavirus_lockdown_leading_to_drop_in_pollution_across_Europe).

Целью настоящей работы является анализ распределения диоксида азота в атмосфере европейской части России во время нерабочего периода с 30 марта по 11 мая 2020 г.

Приборы и методы

Основным инструментом для мониторинга концентрации диоксида азота в столбе атмосферы служит спектрометр OMI (*англ.* Ozone Monitoring Instrument) на борту спутника Aura, предоставляющий данные с 2004 г. по настоящее время. Более современный прибор — спектрометр TROPOMI (*англ.* TROPospheric Monitoring Instrument), установленный на борту спутника Sentinel-5 и работающий с 2018 г. (Тронин и др., 2009, 2019).

Рис. 1. Среднемесячное содержание диоксида азота в столбе атмосферы над центральной частью европейской России по данным спутника Aura: а — апрель 2019 г.; б — апрель 2020 г.; в — май 2019 г.; г — май 2020 г., $n \times 10^{13}$ молекул·см⁻²

В работе использованы среднемесячные данные о содержании диоксида азота, полученные с бортов обоих спутников. Для данных спутника Auga проводились вычисления среднемесячных значений для субъектов Российской Федерации, тогда как данные спутника Sentinel-5 использовались только для визуального анализа.

Результаты

Анализ спутниковых данных показал снижение концентраций диоксида азота над Москвой и Санкт-Петербургом. Результаты сравнения спутниковых данных представлены на *рис. 1* (см. с. 310) и 2.

Рис. 2. Среднемесячное содержание диоксида азота в столбе атмосферы над Европой по данным спутника Sentinel-5: а — апрель 2019 г.; б — апрель 2020 г.; в — май 2019 г.; г — май 2020 г., $n \times 10^{13}$ молекул·см⁻²

Рис. 3. Среднемесячная концентрация диоксида азота в столбе атмосферы над Москвой и Санкт-Петербургом в апреле по данным спутника Auga

Наиболее значительные различия в содержании газа зафиксированы для мая 2019 и 2020 гг. над Москвой (см. *рис. 1в, г*). Количественный анализ данных показал, что концентрация NO_2 над Санкт-Петербургом и Москвой принимала примерно в два раза меньшие значения по отношению к 2019 г., но далеко не уникальные (*рис. 3*, см. с. 311).

Заключение

Наблюдение за изменением концентрации диоксида азота в атмосфере мегаполисов Москвы и Санкт-Петербурга во время нерабочих дней в апреле – мае 2020 г. показало уменьшение содержания газа по сравнению со средними значениями, зафиксированными в предыдущие годы. Вместе с тем содержание не упало до фоновых отметок $(5-50) \cdot 10^{13}$ молекул·см⁻², так как движение транспорта и работа промышленности не были остановлены. Это подтверждается и анализом индекса самоизоляции в Москве в 2020 г. (<https://yandex.ru/company/researches/2020/podomam>) (*рис. 4*).

Рис. 4. Индекс самоизоляции по данным сервисов Яндекса

Таким образом, можно констатировать, что режим нерабочих дней в апреле – мае 2020 г. из-за пандемии COVID-19 привёл к снижению содержания диоксида азота в атмосфере Москвы и Санкт-Петербурга, но не к радикальному очищению атмосферы, как это наблюдалось в Китае.

Литература

1. Тронин А.А., Крицук С.Г., Латыпов И.Ш. Диоксид азота в воздушном бассейне России по спутниковым данным // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2009. Т. 2. № 6. С. 217–223.
2. Тронин А.А., Киселёв А.В., Крицук С.Г. Многолетние тренды содержания диоксида азота в воздушном бассейне России по спутниковым данным // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 2. С. 259–265. DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-2-259-265.
3. Chen K., Wang M., Huang C., Kinney P. L., Anastas P. T. Air pollution reduction and mortality benefit during the COVID-19 outbreak in China // Lancet Planet Health. 2020. V. 4(6). P. e210–e212. DOI: 10.1016/S2542-5196(20)30107-8.
4. Le T., Wang Y., Liu L., Yang J., Yung Y. L., Li G., Seinfeld J. H. Unexpected air pollution with marked emission reductions during the COVID-19 outbreak in China // Science. 2020. V. 369(6504). P. 702–706. DOI: 10.1126/science.abb7431.
5. Virghileanu M., Săvulescu I., Mihai B., Nistor C., Dobre R. Nitrogen Dioxide (NO_2) Pollution Monitoring with Sentinel-5P Satellite Imagery over Europe during the Coronavirus Pandemic Outbreak // Remote Sensing. 2020. V. 12(21). Art. No. 3575. DOI: 10.3390/rs12213575.

Monitoring NO₂ content in the atmosphere of Russia using satellite data during COVID-19 pandemic

A. A. Tronin, A. V. Kiselev, M. P. Vasiliev, M. S. Sedeeva, G. M. Nerobelov

*Saint Petersburg Scientific Research Center for Ecological Safety RAS
Saint Petersburg 197110, Russia
E-mail: a.a.tronin@ecosafety-spb.ru*

In 2020, the world faced the COVID-19 pandemic caused by SARS-CoV-2 coronavirus. In order to mitigate the spread of COVID-19 in the Russian Federation, there was a lockdown during the period from 30 March to 11 May 2020 when many people worked remotely. Nitrogen dioxide is reliable indicator of the intensity of anthropogenic activity. The main instruments which carry out long-term monitoring of the gas total column are spectrometers OMI and TROPOMI which are installed on Aura and Sentinel-5 satellites respectively. The highest anomalies of the gas concentration were found in Moscow, Moscow region and Saint Petersburg. Abrupt decrease of NO₂ content related to COVID-19 was observed in 2020. The significant reduction of the atmospheric NO₂ was caused by the decrease in economic activity on the territory of Russia. Nevertheless, the period of COVID-19 lockdown in April – May 2020 did not cause significant decline in atmospheric NO₂ in Moscow or Saint Petersburg as it was observed in China.

Keywords: nitrogen dioxide, satellite monitoring, OMI Aura, TROPOMI, COVID-19

Accepted: 22.06.2021

DOI: 10.21046/2070-7401-2021-18-3-309-313

References

1. Tronin A. A., Kritsuk S. G., Latypov I. Sh., Satellite observations of nitrogen dioxide in Russia, *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2009, Vol. 2, No. 6, pp. 217–223 (in Russian).
2. Tronin A. A., Kritsuk S. G., Kiselev A. V., Estimation of multiyear changes in nitrogen oxide concentrations over Russia from satellite measurements, *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2019, Vol. 16, No. 2, pp. 259–265 (in Russian), DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-2-259-265.
3. Chen K., Wang M., Huang C., Kinney P. L., Anastas P. T., Air pollution reduction and mortality benefit during the COVID-19 outbreak in China, *Lancet Planet Health*, 2020, Vol. 4(6), pp. e210–e212, DOI: 10.1016/S2542-5196(20)30107-8.
4. Le T., Wang Y., Liu L., Yang J., Yung Y. L., Li G., Seinfeld J. H., Unexpected air pollution with marked emission reductions during the COVID-19 outbreak in China, *Science*, 2020, Vol. 369(6504), pp. 702–706, DOI: 10.1126/science.abb7431.
5. Virghileanu M., Săvulescu I., Mihai B., Nistor C., Dobre R., Nitrogen Dioxide (NO₂) Pollution Monitoring with Sentinel-5P Satellite Imagery over Europe during the Coronavirus Pandemic Outbreak, *Remote Sensing*, 2020, Vol. 12(21), Art. No. 3575, DOI: 10.3390/rs12213575.