

УДК 551.502

DOI 10.52575/2712-7443-2022-46-1-53-61

## Об оценке загрязнение атмосферного воздуха города Ереван

**Маргарян В.Г., Хачатрян Г.А.**

Ереванский государственный университет,

Армения, 0025, Ереван, ул. Алекса Манукяна, 1

E-mail: vmargaryan@ysu.am, gor.khachatryan2@ysumail.am

**Аннотация:** Столица Ереван считается самым загрязненным и имеющим серьезные экологические проблемы городом Республики Армения. Относительно загрязнения атмосферного воздуха в Ереване существует очень мало научных исследований. Основная цель статьи – проанализировать и оценить загрязненность атмосферного воздуха города Еревана, имеющуюся динамику и причины загрязнения. В результате установлено, что концентрация диоксида азота превысила ПДК только в 2017 г., примерно в 3 раза, а в 2018 г. она приблизилась к величине ПДК. В целом, за исследуемый период средняя концентрация диоксида азота в г. Ереване составила  $0,03 \text{ мг}/\text{м}^3$ , что не превышает величины ПДК ( $0,4 \text{ мг}/\text{м}^3$ ). Превышение диоксида азота наблюдалось в центральных наблюдательных пунктах города. За все обсуждаемые годы средняя годовая концентрация пыли в среднем превышала ПДК примерно в 1,2–1,5 раза. Самые низкие значения концентрации пыли были зарегистрированы в 2018 г. Диоксид серы не превышал значения ПДК ( $0,5 \text{ мг}/\text{м}^3$ ). В 2014–2015 гг. наблюдалась небольшая тенденция роста ( $0,1 \text{ мг}/\text{м}^3$ ). В 2015–2018 гг. содержание диоксида серы не изменилось ( $0,3 \text{ мг}/\text{м}^3$ ). В 2018–2019 гг. произошло снижение показателя ( $0,1 \text{ мг}/\text{м}^3$ ), этот темп сохранился и в 2020 г. Темп этого снижения можно объяснить периодом пандемии COVID-19, во время которой заводы не работали, а также уменьшилась автотранспортная деятельность, что привело к сокращению выбросов и, следовательно, к снижению стоимости диоксида серы. Основными источниками загрязнения воздуха в Ереване являются транспорт, промышленность, энергетика, градостроительство.

**Ключевые слова:** экология г. Ереван, окружающая среда, мониторинг, загрязнение атмосферы, индекс загрязнения, предельно допустимая концентрация

**Для цитирования:** Маргарян В.Г., Хачатрян Г.А. 2022. Об оценке загрязнение атмосферного воздуха города Ереван. Региональные геосистемы, 46(1): 53–61. DOI: 10.52575/2712-7443-2022-46-1-53-61

## About the Assessment of Atmospheric Air Pollution of the City of Yerevan

**Varduhi G. Margaryan, Gor A. Khachatryan**

Yerevan State University,

1 Alek Manoukian St, Yerevan 0025, Armenia,

E-mail:vmargaryan@ysu.am, gor.khachatryan2@ysumail.am

**Abstract.** The capital Yerevan is considered the most polluted and having serious environmental problems city of the Republic of Armenia. There is very little scientific research on atmospheric air pollution in Yerevan. The main purpose of the article is to analyze and evaluate the pollution of the atmospheric air of the city of Yerevan, the existing dynamics and causes of pollution. The concentration of nitrogen dioxide exceeded the MPC only in 2017 by about 3 times, and in 2018 it approached the cost of the MPC. In general, during the study period, the average concentration of nitrogen dioxide in the concentration was  $0.03 \text{ mg}/\text{m}^3$ , which does not exceed the MPC ( $0.4 \text{ mg}/\text{m}^3$ ). Excess of nitrogen dioxide was observed in the central observation points of the city. For all the years discussed, the average annual

dust concentration on average exceeded the MPC by about 1.2–1.5 times. The lowest dust concentrations were recorded in 2018. The main sources of air pollution in Yerevan are transport, industry, energy, urban planning. Sulfur dioxide did not exceed the MPC value ( $0.5 \text{ mg/m}^3$ ). In 2014–2015, there was a slight upward trend ( $0.1 \text{ mg/m}^3$ ). In 2015–2018 the content of sulfur dioxide has not changed ( $0.3 \text{ mg/m}^3$ ). In 2018–2019, there was a decrease in the indicator ( $0.1 \text{ mg/m}^3$ ), this rate remained in 2020. The rate of this decrease can be explained by the period of the COVID-19 pandemic, during which factories did not work, and motor transport activity decreased, which led to a reduction in emissions and, consequently, to a decrease in the cost of sulfur dioxide.

**Keywords:** ecology of Yerevan, environment, monitoring, atmospheric pollution, pollution index, maximum permissible concentration

**For citation:** Margaryan V.G., Khachatryan G.A. 2022. About the Assessment of Atmospheric Air Pollution of the City of Yerevan. Regional Geosystems, 46(1): 53–61 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2022-46-1-53-61

## Введение

Загрязнение атмосферного воздуха является одной из самых серьезных экологических проблем современных городов [Переведенцев и др., 2004; Karimian et al., 2016; Li et al., 2017; Боровлев, 2020]. Загрязнение воздуха создает опасность для здоровья человека [Чубирко, Пичужкина, 2008], представляет собой глобальный кризис в области здравоохранения [Безуглая, Смирнова, 2008; Гарапова, 2011; Калинкин и др., 2013; Лежнин и др. 2014]. Некоторые загрязнители воздуха вызывают «кислотные дожди» [Дорогова и др., 2010; Маклакова, 2019]. При воздействии на растения диоксида серы отмечается появление белесых пятен, некротических полос на листьях, обесцвечивание хлорофилла, приводящее к пожелтению листьев, снижение продуктивности, замедление роста  $\text{SO}_2$  отчасти способствует подкислению почвы [Акимов, 2017]. Осаждение вредных химических веществ воздуха (от транспорта, котельных, работающих на твердом и жидким топливе, при сжигании мусора) может приводить к нарушению продуктивных земель [Барышников, Мусийчук, 1992].

Целью настоящего исследования являлась оценка загрязнения воздуха г. Еревана. Загрязнение воздушного бассейна является актуальной проблемой, т.к. г. Ереван входит в список наиболее загрязненных городов Армении с высоким индексом загрязнения атмосферного воздуха.

## Объекты и методы исследования

Исследованию загрязнения атмосферного воздуха посвящены многочисленные научные работы [Безуглая, 1986; Меркулов и др., 2012; Маргарян, 2016, 2021; Мещурова, 2020]. В работе использованы архивированные данные «Центра гидрометеорологии и мониторинга» ГНКО Министерства окружающей среды Республики Армения за 2014–2020 гг. В 2020 г. контроль за состоянием атмосферного воздуха Еревана осуществлялся на пяти стационарных станциях мониторинга атмосферы, различающихся по физико-географическим условиям и по степени антропогенного влияния (рис. 1). Станция № 1 расположена в северной части г. Ереван, станция № 2 – в северо-западной части г. Ереван, станция № 7 – в центральной части г. Ереван, станция № 18 – в центральной части г. Ереван и больше всего несет антропогенное воздействие, станция № 8 – в северо-восточной части г. Ереван.

Мониторинговое исследование атмосферного воздуха в г. Ереване включало в себя определение содержания в воздухе взвешенных веществ, диоксида серы, диоксида азота, пыли и приземной озона.

В работе были использованы математические, статистические, аналитические методы.

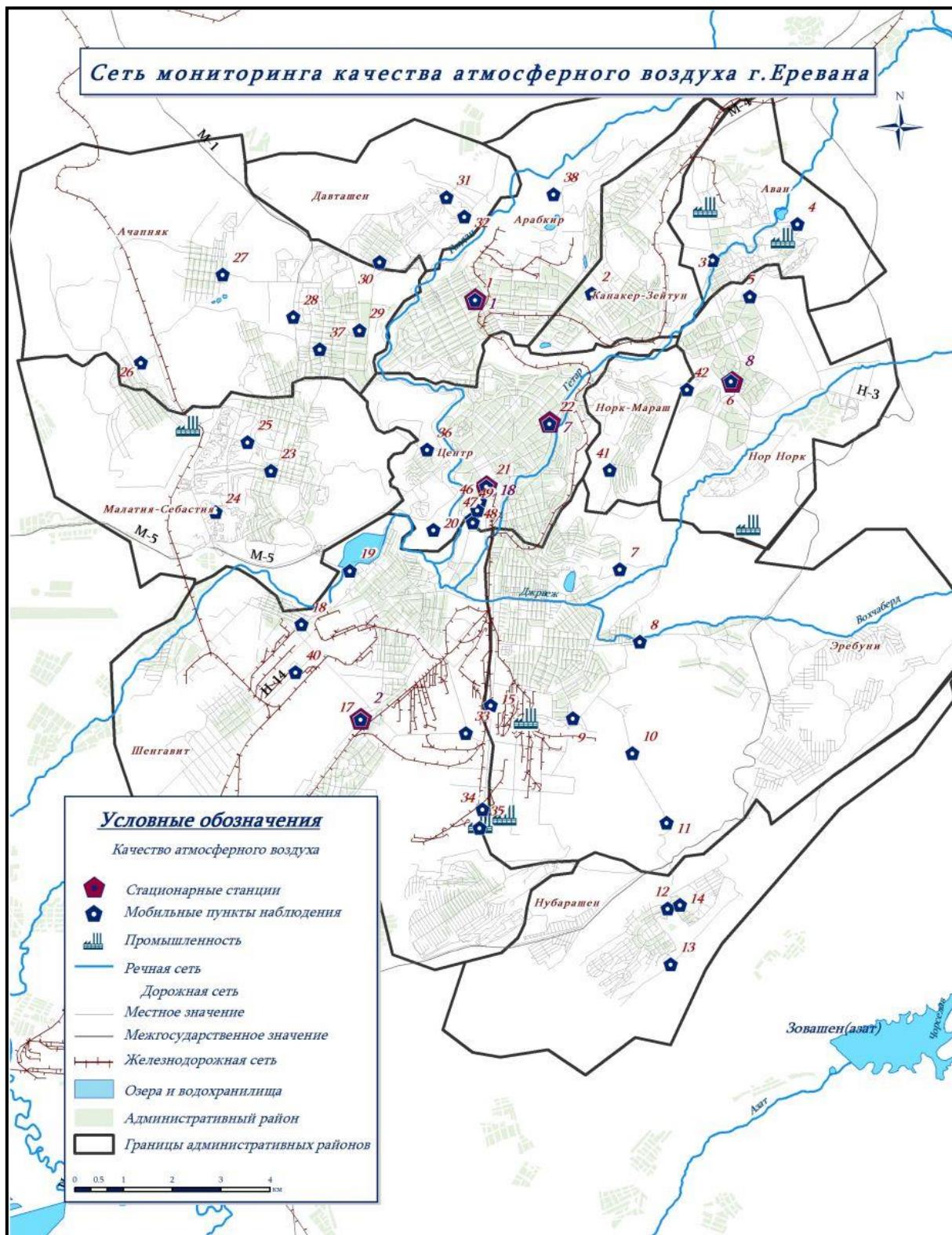


Рис. 1. Сеть мониторинга качества атмосферного воздуха г. Еревана  
Fig. 1. Yerevan Atmospheric Air Quality Monitoring Network

## Результаты и их обсуждение

В г. Ереван сосредоточено большая часть промышленных предприятий (42 %) и населения (34 %) Армении, а также город выделяется высокой транспортной нагрузкой. Основными источниками загрязнения воздушной среды в г. Ереван являются химическая и металлургическая промышленность, электроэнергетика, транспорт.

Диоксид азота относится к приоритетным загрязняющим веществам. Его содержание в атмосферном воздухе контролируется на всех постах контроля загрязнения атмосферы. На рис. 2 четко видно, что концентрация диоксида азота превысила ПДК только в 2017 г., примерно в 3 раза, в 2018 г. она приблизилась к значению ПДК (рис. 2). В другие исследуемые годы значения диоксида азота были в пределах нормы. В целом, за исследуемый период средняя концентрация диоксида азота в г. Ереване составила  $0,03 \text{ мг}/\text{м}^3$ , что не превышает ПДК ( $0,4 \text{ мг}/\text{м}^3$ ). Значения диоксида азота в разных точках зрения выражены в разных количествах.

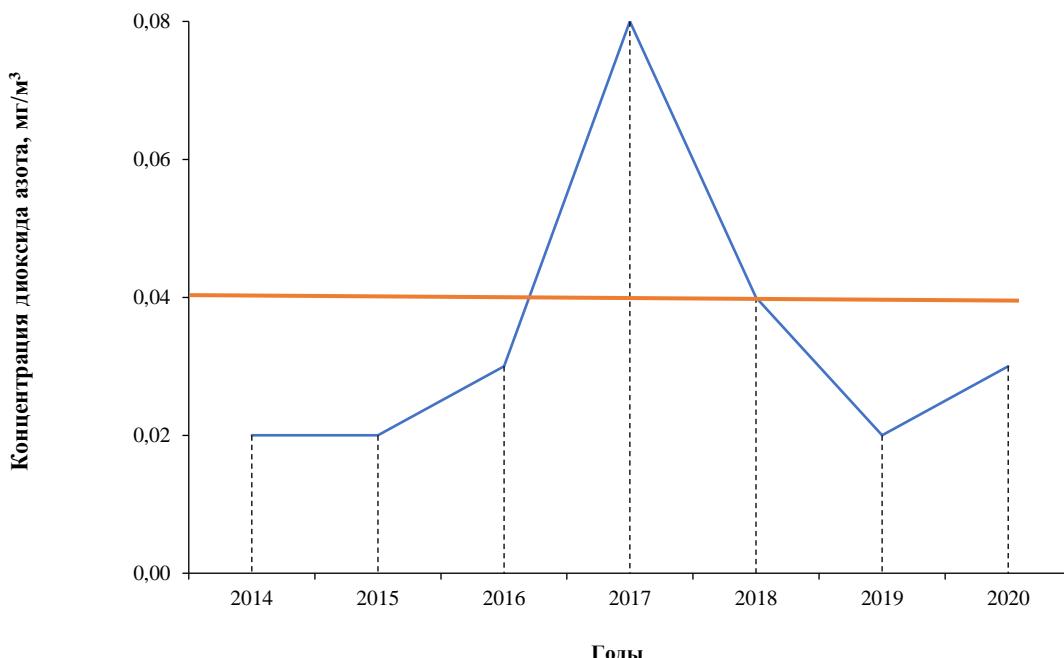


Рис. 2. Динамика средних значений содержания диоксида азота в атмосферном воздухе г. Еревана

Fig. 2. Dynamics of average values of nitrogen dioxide content in the atmospheric air of Yerevan

Согласно средним данным 2014–2020 гг. (рис. 3) в Ереване содержание диоксида азота в наблюдательных пунктах № 2, 7, 8 превысила ПДК, а в наблюдательном пункте № 1 и 18 она достигла значения ПДК. Наблюдательные пункты № 2, 7, 8 расположены в центральной части города. В данных районах города находятся основные образовательные, культурные, финансово-банковские, офисные, правительственные, промышленные учреждения, поэтому здесь сосредоточено большое количество автомобилей и выбросов, которые негативно влияют на качество атмосферного воздуха и являются причиной увеличения количества диоксида азота.

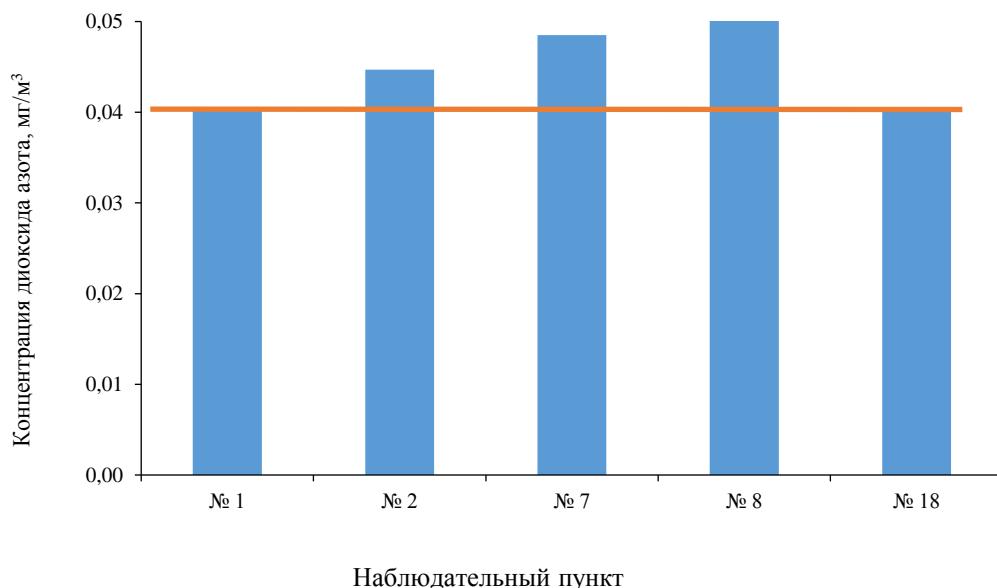


Рис. 3. Усредненные значения диоксида азота (NO<sub>2</sub>) в атмосферном воздухе г. Еревана (мг/м<sup>3</sup>) для всех наблюдательных пунктов города, 2014–2020 гг.

Fig. 3. Average values of nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>) in the atmospheric air of Yerevan (mg/m<sup>3</sup>) for all observation points of the city, 2014–2020

Как видно на рис. 4, в исследуемый период диоксид серы не превышал значения ПДК (0,5 мг/м<sup>3</sup>). В 2014–2015 гг. наблюдалась небольшая тенденция роста (0,1 мг/м<sup>3</sup>). В 2015–2018 гг. содержание диоксида серы не изменилось (0,3 мг/м<sup>3</sup>). В 2018–2019 гг. произошло снижение показателя (0,1 мг/м<sup>3</sup>). Этот темп сохранился и в 2020 г. Темп этого снижения можно объяснить периодом пандемии COVID-19, во время которой заводы не работали, а также уменьшилась автотранспортная деятельность, что привело к сокращению выбросов и, следовательно, к снижению стоимости диоксида серы.

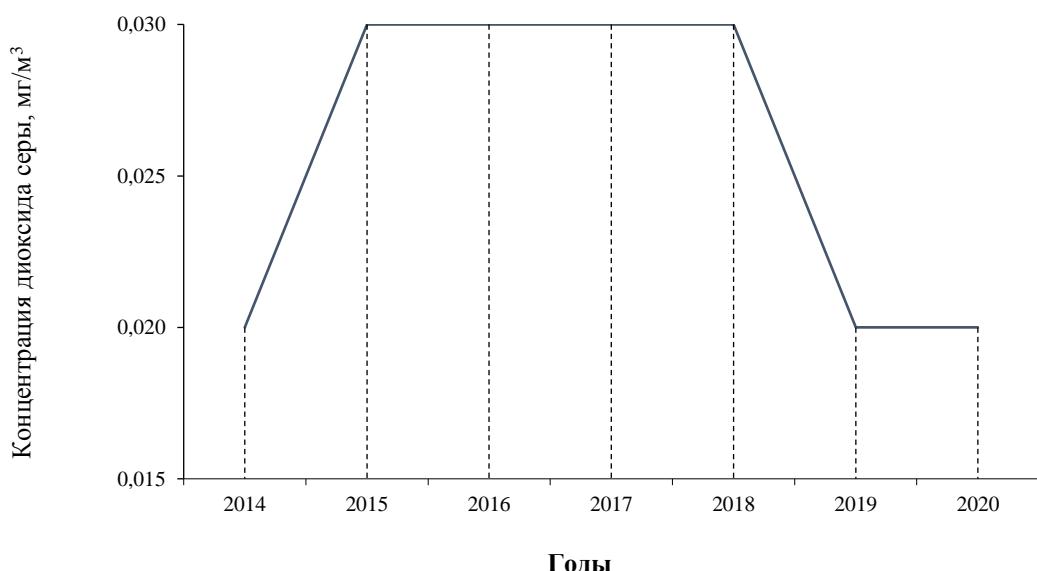


Рис. 4. Усредненные значения диоксида серы (SO<sub>2</sub>) в атмосферном воздухе г. Еревана (мг/м<sup>3</sup>) для всех наблюдательных пунктов города, 2014–2020 гг.

Fig. 4. Average values of sulfur dioxide (SO<sub>2</sub>) in the atmospheric air of Yerevan (mg/m<sup>3</sup>) for all observation points of the city, 2014–2020

Воздействие диоксида серы в концентрациях выше предельно допустимых может приводить к существенному увеличению различных болезней дыхательных путей, воздействовать на слизистые оболочки, вызывать воспаление носоглотки, бронхиты, кашель, хрипоту и боль в горле [Акимов, 2017].

На рис. 5, б приведена динамика концентрации пыли для всей территории Еревана (2015–2020 гг.). За все обсуждаемые годы средняя годовая концентрация пыли в среднем превышала ПДК примерно в 1,2–1,5 раза. Самые низкие значения концентрации пыли были зарегистрированы в 2018 г. Высокие значения концентрации пыли в атмосферном воздухе Еревана обусловлены как природно-климатическими условиями и другими источниками загрязнения, так и дефицитом зеленых территорий. Основными источниками загрязнения воздуха в Ереване являются транспорт, промышленность, энергетика, градостроительство.

Наибольший удельный вес загрязнения воздуха наблюдается в административном районе Кентрон (№ 7 и 18) (рис. 5, а), который характеризуется:

- наличием образовательных, культурных, финансово-банковских, офисных, правительственные учреждений;
- большого количества автомобилей, выбросы которых негативно влияют на качество атмосферного воздуха;
- плотностью и высотой зданий и сооружений, что препятствует очищению атмосферного воздуха от пыли и других промышленных выбросов.

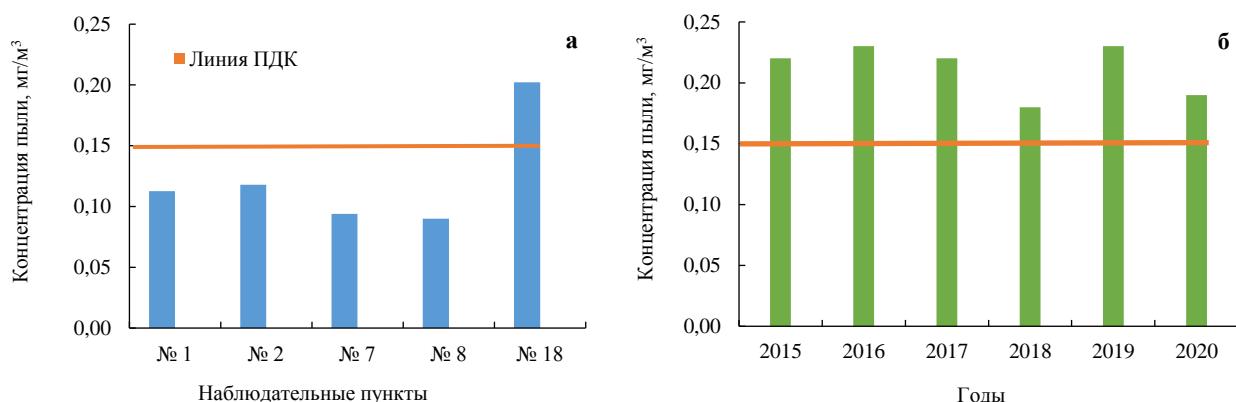


Рис. 5. Концентрация загрязнения пылью атмосферы по наблюдательным пунктам (а) и межгодовое изменение концентраций пыли (б), г. Ереван

Fig. 5. Concentration of atmospheric dust pollution by observation points (a) and interannual change in dust concentrations (b), Yerevan

## Заключение

Содержание азота в атмосферном воздухе г. Еревана превысило значение ПДК только в 2017 г., а в 2018 г. оно приблизилось к значению ПДК.

В целом, концентрация диоксида серы в атмосферном воздухе г. Еревана на протяжении всех изученных лет никогда не превышала значение ПДК и была в пределах нормы.

Концентрация пыли в атмосферном воздухе Еревана за все изученные годы превышала ПДК, что создает серьезные проблемы с точки зрения экологии и, конечно, здоровья людей.

Содержание азота и диоксида серы, а также пыли в целом выше в административном районе Кентрон, что обусловлено высокой урбанизацией, и именно эта часть города

испытывает наибольшую антропогенную нагрузку. А также на этом участке мало озелененных территорий.

Интересно то, что с 2019 г. наблюдалось снижение значений исследуемых элементов в статье, что обусловлено карантинными ограничениями, осуществленными государством во время эпидемии COVID-19.

### Список литературы

- Акимов В.С. 2017. Диоксид серы и основные источники загрязнения атмосферы диоксидом серы. Научный журнал, 6–1 (19): 18–20.
- Барышников И.И., Мусийчук Ю.И. 1992. Здоровье человека. В кн.: Медико-географические аспекты оценки уровня здоровья населения и состояния окружающей среды. СПб.: 11–36.
- Безуглый Э.Ю. 1986. Мониторинг состояния загрязнения атмосферы в городах. Ленинград, Гидрометеоиздат, 200 с.
- Безуглый Э.Ю., Смирнова И.В. 2008. Воздух городов и его изменения. СПб., Астерион, 253 с.
- Боровлев А.Э. 2020. Исследование содержания мелкодисперсных частиц в атмосферном воздухе жилой зоны Белгорода. Региональные геосистемы, 44 (1): 97–103. DOI 10.18413/2712-7443-2020-44-1-97-103.
- Гарапова Р.А. 2011. Оценка экологического состояния промышленного города и здоровье населения (на примере УстьКаменогорска). Ползуновский вестник, 4–2: 72–75.
- Дорогова В.Б., Тараненко Н.А., Рычагова О.А. 2010. Формальдегид в окружающей среде и его влияние на организм (обзор). Бюллетень Восточно-Сибирского Научного центра Сибирского отделения Российской Академии медицинских наук, 1 (71): 32–35.
- Калинкин Д.Е., Карпов А.Б., Тахаев Р.М., Самойлова Ю.А. 2013. Динамика показателей здоровья населения промышленного города. Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины, 4: 14–19.
- Лежнин В.Л., Коньшина Л.Г., Сергеева М.В. 2014. Оценка риска для здоровья детского населения, обусловленного загрязнением атмосферного воздуха выбросами автотранспорта, на примере г. Салехарда. Гигиена и санитария, 93 (1): 83–86.
- Маклакова О.А. 2019. Оценка риска развития заболеваний органов дыхания и коморбидной патологии у детей в условиях загрязнения атмосферного воздуха химическими веществами техногенного происхождения (когортное исследование). Анализ риска здоровью, 2: 56–63. DOI: 10.21668/health.risk/2019.2.06.
- Маргарян В.Г. 2017. Охрана атмосферного воздуха и проблемы обеспечения экологической безопасности в Республике Армения. В кн.: Актуальные проблемы безопасности жизнедеятельности и экологии. Сборник научных трудов и материалов III Международной научно-практической конференции с научной школой для молодежи, 30 марта – 02 апреля 2017, Тверь, Тверской государственный технический университет: 262–266.
- Маргарян В.Г. 2021. Статистический анализ выбросов атмосферы и экологическая безопасность: Республика Армения. Ученые записки ЕГУ: Геология и География, 55 (1(254)): 6–12. DOI: 10.46991/PYSU:C/2021.55.1.006.
- Меркулов П.И., Меркулова С.В., Хлевина С.Е., Сергейчева С.В. 2012. Пространственно-временная изменчивость режима увлажнения и ее влияние на здоровье населения Республики Мордовия. Проблемы региональной экологии, 5: 132–138.
- Мещурова Т.А. 2020. Оценка загрязнения атмосферного воздуха в городах Пермского края. Вестник Нижневартовского государственного университета, 1: 110–119. DOI: 10.36906/2311-4444/20-1/17.
- Переведенцев Ю.П., Хабутдинов Ю.Г., Николаев А.А. 2004. Гидрометеорологические основы охраны окружающей среды. Казань, Казанский государственный университет, 133 с.
- Чубирко М.И., Пичужкина Н.М. 2008. Гигиеническая диагностика влияния загрязнения атмосферного воздуха на здоровье населения. Здоровье населения и среда обитания, 1 (178): 19–20.
- Karimian H., Li Q., Li C., Jin L., Fan J., Li Y. 2016. An improved method for monitoring fine particulate matter mass concentrations via satellite remote sensing. Aerosol and Air Quality Research, 4: 1081–1092.



Li X., Ma Y., Wang Y., Liu N., Hong Y. 2017. Temporal and spatial analyses of particulate matter (PM10 and PM2.5) and its relationship with meteorological parameters over an urban city in northeast China. *Atmospheric Research*, 198: 185–193.

## References

- Akimov V.S. 2017. Dioksid sery i osnovnyye istochniki zagryazneniya atmosfery dioksidom sery [Sulfur dioxide and the main sources of atmospheric pollution with sulfur dioxide]. *Nauchnyy zhurnal*, 6–1 (19): 18–20.
- Baryshnikov I.I. Musiychuk Yu.I. 1992. Zdorovye cheloveka [Human health]. In: *Mediko-geograficheskiye aspekty otsenki urovnya zdorovya naseleniya i sostoyaniya okruzhayushchey sredy* [Medical and geographical aspects of assessing the level of public health and the state of the environment]. St. Petersburg: 11–36.
- Bezuglaya E.Y. 1986. Monitoring sostoyaniya zagryazneniya atmosfery v gorodakh [Monitoring of the state of atmospheric pollution in cities]. Leningrad, Pabl. Hydrometeoizdat, 200 p.
- Bezuglaya E.Yu., Smirnova I.V. 2008. Vozdukh gorodov i ego izmeneniya [The air of cities and its changes]. St. Petersburg, Pabl. Asterion, 253 p.
- Borovlev A.E. 2020. Investigations of fine particles concentrations in the atmospheric air of residential areas. *Regional Geosystems*, 44 (1): 97–103 (in Russian). DOI: 10.18413/2712-7443-2020-44-1-97-103
- Garapova R.A. 2011. Otsenka ekologicheskogo sostoyaniya promyshlennogo goroda i zdorovye naseleniya (na primere UstKamenogorska) [Assessment of the ecological state of an industrial city and the health of the population (on the example of UstKamenogorsk)]. *Polzunovsky Vestnik*, 4–2: 72–75.
- Dorogova V.B., Taranenko N.A., Rychagova O.A. 2010. Environmental Formaldehyde and its Organism Effects (Survey). *Bulletin of Eastern-Siberian Scientific Center Siberian Branch Russian Academy of Medical Sciences*, 1 (71): 32–35 (in Russian).
- Kalinkin D.E., Karpov A.B., Takhauov R.M., Samoylova Yu.A. 2013. The Dynamics of Health Indicators of Population of Industrial Town. *Problems of Social Hygiene, Public Health and History of Medicine*, 4: 14–19 (in Russian).
- Lezhnin V.L., Konshina L.G., Sergeeva M.V. 2014. Assessment of Children's Health Risk Posed by Traffic-Related Air Pollution as Exemplified by the City of Salekhard. *Hygiene and Sanitation*, 93 (1): 83–86 (in Russian).
- Maklakova O.A. 2019. Assessing Risks of Respiratory Organs Diseases and Co-Morbid Pathology in Children Caused by Ambient Air Contamination with Technogenic Chemicals (Cohort Study). *Health Risk Analysis*, 2: 56–63 (in Russian). DOI: 10.21668/health.risk/2019.2.06.
- Margaryan V.G. 2017. Okhrana atmosfernogo vozdukha i problemy obespecheniya ekologicheskoy bezopasnosti v Respublike Armeniya [Air protection and the problems of ecological safety in the republic of Armenia]. In: *Aktualnyye problemy bezopasnosti zhiznedeyatelnosti i ekologii* [Actual problems of life safety and ecology]. Collection of scientific papers and materials of the III International scientific-practical conference with a scientific school for youth, 30 March – 02 April 2017, Tver, Pabl. Tver State Technical University: 262–266.
- Margaryan V.G. 2021. Statistical analysis of atmospheric emissions and ecological security: Republic of Armenia. *Proceedings of the YSU: Geological and Geographical Sciences*, 55 (1(254)): 6–12 (in Russian). DOI: 10.46991/PYSU:C/2021.55.1.006.
- Merkulov P.I., Merkulova S.V., Khlevina S.E., Sergeycheva S.V. 2012. Spatial-Temporal Variability of Moistening Conditions and Its Influence on Health of the Population of the Republic of Mordovia. *Regional Environmental Issues*, 5: 132–138.
- Meshchurova T.A. 2020. Assessment of Air Pollution in the Cities of Perm Region. *Bulletin of Nizhnevartovsk State University*, 1: 110–119 (in Russian). DOI: 10.36906/2311-4444/20-1/17.
- Perevedentsev Yu.P., Khabutdinov Yu.G., Nikolaev A.A. 2004. Gidrometeorologicheskiye osnovy okhrany okruzhayushchey sredy [Hydrometeorological foundations of environmental protection]. Kazan, Pabl. Kazanskiy Gosudarstvenniy Universitet, 133 p.

- Chubirko M.I., Pichuzhkina N.M. 2008. Gigiyenicheskaya diagnostika vliyaniya zagryazneniya atmosfernogo vozdukha na zdorovye naseleniya [Hygienic diagnostics of the influence of atmospheric air pollution on public health]. Zdorovye naseleniya i sreda obitaniya, 1 (178): 19–20.
- Karimian H., Li Q., Li C., Jin L., Fan J., Li Y. 2016. An improved method for monitoring fine particulate matter mass concentrations via satellite remote sensing. Aerosol and Air Quality Research, 4: 1081–1092.
- Li X., Ma Y., Wang Y., Liu N., Hong Y. 2017. Temporal and spatial analyses of particulate matter (PM10 and PM2.5) and its relationship with meteorological parameters over an urban city in northeast China. Atmospheric Research, 198: 185–193.

Поступила в редакцию 11.10.2021;  
поступила после рецензирования 04.12.2021;  
принята к публикации 22.01.2022

Received October 11, 2021;  
Revised December 04, 2021;  
Accepted February 22, 2022

**Конфликт интересов:** о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.  
**Conflict of interest:** no potential conflict of interest related to this article was reported.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Маргарян Вардуи Гургеновна**, кандидат географических наук, доцент кафедры физической географии и гидрометеорологии Ереванского государственного университета, г. Ереван, Армения

**Хачатрян Гор Арменович**, магистрант кафедры физической географии и гидрометеорологии Ереванского государственного университета, г. Ереван, Армения

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Varduhi G. Margaryan**, candidate of Geographical Sciences, Associate Professor of the Department of Physical Geography and Hydrometeorology of the Yerevan State University, Yerevan, Armenia

**Gor A. Khachatryan**, master student of the Department of Physical Geography and Hydrometeorology of the Yerevan State University, Yerevan, Armenia