



DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2022.2.3>

UDC 20.1

LBC 574

REMOTE MONITORING OF AIR QUALITY IN THE CITY OF VOLGOGRAD

Alexey S. Venetsiansky

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Elena A. Ivantsova

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Maria P. Shulikina

Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Abstract. In large cities, one of the significant problems is air pollution, which can harm both the health of the population and the environment as a whole. At the same time, a person cannot always independently determine the risk assessment and take the necessary measures. Therefore, the main source of knowledge for the population is informing about the environmental situation and about observations of the processes and phenomena that occur in the external environment. The quality of monitoring and forecasting of emergency situations has a decisive influence on the effectiveness of activities in the field of reducing the risks of their occurrence and scale. The Volgograd region is a region with a developed diversified industry. Among industrial facilities, such industries as metallurgical, chemical, fuel and construction are characterized by the highest emissions. In addition, food and light industry enterprises, industrial and domestic boiler houses are located in the region, which also contribute to the overall level of air pollution in the atmosphere. In this regard, the purpose of the study is to conduct satellite monitoring of air quality in the industrial center of the Volgograd region – the city of Volgograd. The article presents the results of remote monitoring from February to April 2022, where the criteria for air pollutants were calculated. According to the calculations obtained, an assessment of the pollution of the selected industrial center of the Volgograd region was obtained. To assess the level of air pollution, both international and Russian indicators were used and the following conclusion was reached. The system, which is adopted in Russia and the CIS countries, allows for a comprehensive assessment of air pollution. Thus, pollutants are normalized both by MPC and by the air pollution index.

Key words: air quality, monitoring, pollution level, air quality index, air pollution index, pollutants.

Citation. Venetsiansky A.S., Ivantsova E.A., Shulikina M.P. Remote Monitoring of Air Quality in the City of Volgograd. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2022, vol. 12, no. 2, pp. 21-28. DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2022.2.3>

УДК 20.1

ББК 574

ДИСТАНЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ КАЧЕСТВА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ГОРОДА ВОЛГОГРАДА

Алексей Сергеевич Венецианский

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Елена Анатольевна Иванцова

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Мария Павловна Шуликина

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Аннотация. В крупных городах одной из значимых проблем является загрязнение атмосферного воздуха, которое способно навредить как здоровью населения, так и окружающей среде в целом. При этом человек не всегда может самостоятельно определить оценку рисков и принять необходимые меры. Поэтому основным источником знаний для населения является информирование об экологической обстановке и о наблюдениях за процессами и явлениями, которые происходят во внешней среде. На эффективность мер по снижению рисков их возникновения и масштаба решающее влияние оказывает качество мониторинга и точность прогнозирования чрезвычайных ситуаций. Волгоградская область – это регион с развитой многоотраслевой промышленностью. В нем расположены объекты металлургической, топливной, химической, строительной отрасли, которые характеризуются наибольшими выбросами загрязняющих веществ в атмосферу. Кроме того, в области имеются промышленные и бытовые котельные, предприятия пищевой и легкой промышленности, которые также вносят свой вклад в общий уровень загрязнения воздуха в атмосфере. В связи с этим целью исследования является проведение спутникового мониторинга качества воздуха в промышленном центре Волгоградской области – города Волгограда. В статье представлены результаты дистанционного мониторинга с февраля по апрель 2022 г., где проводился расчет критериев загрязняющих атмосферный воздух веществ. По полученным расчетам была получена оценка загрязнения выбранного промышленного центра Волгоградской области. Для оценивания уровня загрязнения атмосферы использовали как международные, так и Российские показатели и пришли к следующему выводу. Система, которая принята в России и странах СНГ, позволяет проводить комплексную оценку загрязнения воздуха. Таким образом, загрязняющие вещества нормализуются как по индексу загрязнения атмосферы, так и по предельно допустимой концентрации загрязняющего вещества, над которым ведется мониторинг.

Ключевые слова: качество воздуха, мониторинг, уровень загрязнения, индекс качества воздуха, индекс загрязнения атмосферы, загрязняющие вещества

Цитирование. Венецианский А. С., Иванцова Е. А., Шуликина М. П. Дистанционный мониторинг качества атмосферного воздуха города Волгограда // Природные системы и ресурсы. – 2022. – Т. 12, № 2. – С. 21–28. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2022.2.3>

Введение

Мониторинг внешней среды – это информационная система, которая контролирует, оценивает и прогнозирует изменения в условиях окружающей среды с целью идентификации антропогенных составляющих этих изменений в контексте естественных процессов. Важным критерием информационной системы является предоставление достоверной информации о состоянии окружающей среды с учетом изменений в физических и биотических компонентах, которые ограничены влиянием природных и антропогенных факторов [3; 7; 9]. Загрязнение атмосферного воздуха в Волгограде определяют выбросами вредных веществ в атмосферу автомобильным транспортом и промышленными предприятиями, которые расположены непосредственно рядом с жилой застройкой [1; 2; 6; 8].

Цель исследований – мониторинг и оценка качества атмосферного воздуха на территории г. Волгограда.

Материалы и методы

В период с 1 февраля до 1 мая 2022 г. проводился спутниковый (дистанционный)

мониторинг показателей для оценки качества воздуха в Волгограде. С помощью программы «Accu Weather» (см. рис. 1) были получены среднесуточные данные об индексе качества воздуха (AQI) и о концентрациях загрязняющих веществ, а именно: взвешенные частицы 2.5 микрометра и менее (PM 2.5); взвешенные частицы 10 микрометра и менее (PM 10); озон (O₃); диоксид серы (SO₂); диоксид азота (NO₂); оксид углерода (CO).

Проанализировав методы проведения мониторинга на рисунке 2 был представлен обобщенный алгоритм проведения мониторинга факторов внешней среды, на основе которого отслеживалась динамика качества атмосферного воздуха с учетом загрязняющих веществ.

Используя зарубежные показатели, с помощью программы Microsoft Excel выполнили расчет критериев по определению уровня загрязнения воздуха. Для того чтобы выявить концентрацию того или иного загрязняющего воздуха вещества, использовали данные таблицы 1, в которой указаны интервалы категорий загрязнения воздуха.

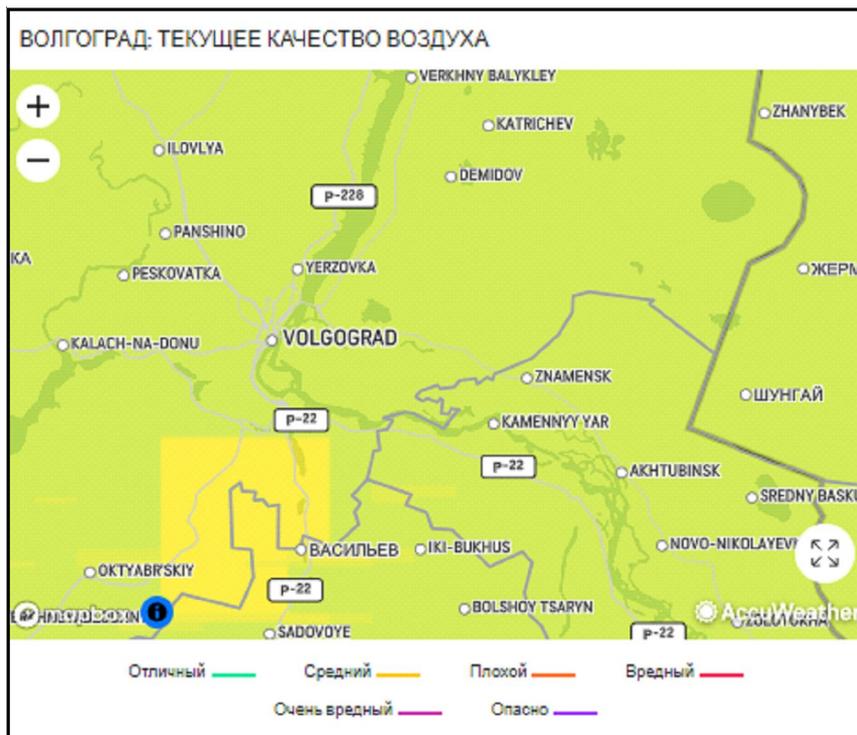


Рис. 1. Пример карты качества воздуха программы «Accu Weather»

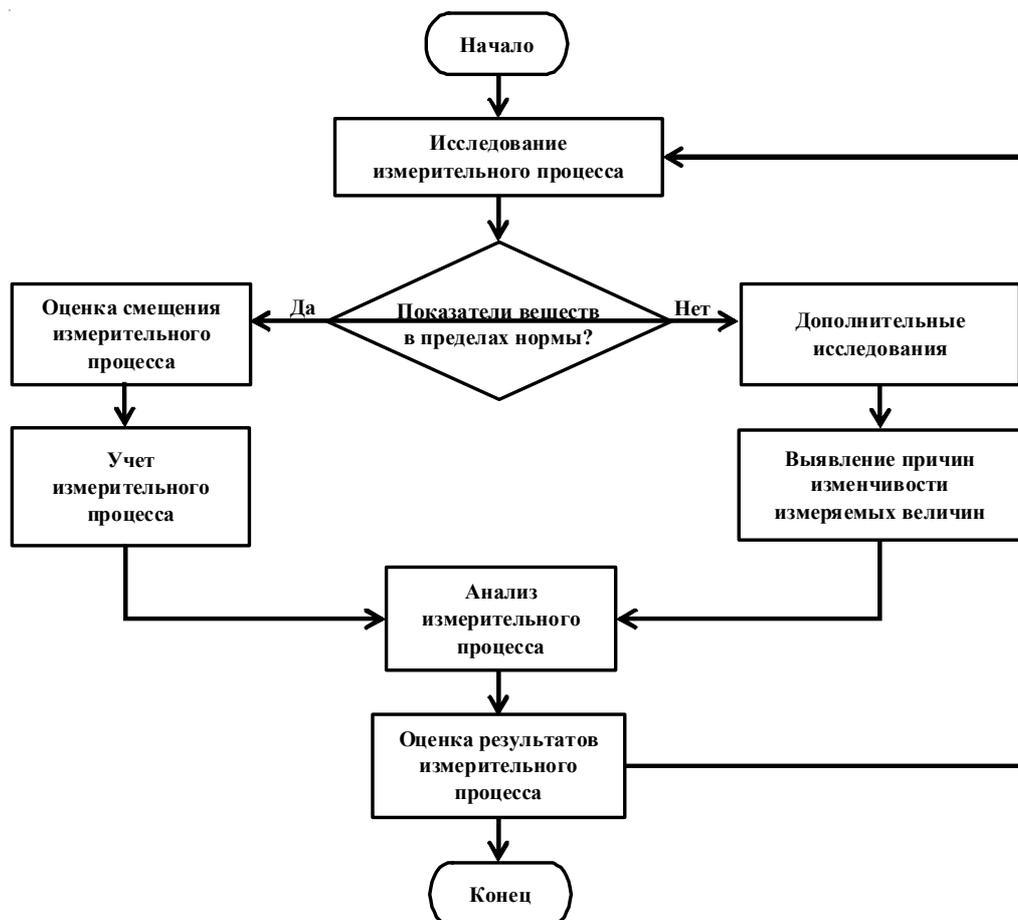


Рис. 2. Алгоритм мониторинга факторов внешней среды

Таблица 1

Шкала оценки качества воздуха [10]

Показатель	Хороший	Приемлемый	Умеренный	Вредный	Плохой	Опасный
Цвет	Зеленый	Желтый	Оранжевый	Красный	Бордовый	Коричневый
AQI	0–50	51–100	101–150	151–200	201–300	301+
PM2.5, 10 ⁻⁹ кг/м ³	0–30	31–60	61–90	91–120	121–250	251+
PM10, 10 ⁻⁹ кг/м ³	0–50	51–100	101–250	251–350	351–430	431+
CO, 10 ⁻⁶ кг/м ³	0–1.0	1.1–2.0	2.1–10	11–17	18–34	34+
O ₃ , 10 ⁻⁹ кг/м ³	0–60	61–100	101–168	169–208	209–748	749+
NO ₂ , 10 ⁻⁹ кг/м ³	0–40	41–80	81–180	181–280	289–400	401+
SO ₂ , 10 ⁻⁹ кг/м ³	0–40	41–80	81–380	381–800	801–1600	1600+

Для расчета комплексного индекса загрязнения атмосферы (ИЗА) использовали формулы 1, 2 [5]. Стоит отметить, что при определении комплексного индекса обычно используют 5 загрязняющих веществ.

$$КИЗА = \sum_{i=1}^n \left(\frac{q_{ci}}{ПДК_{с.с.i}} \right)^{\beta_i}, \quad (1)$$

$$КИЗА = \sum_{i=1}^n ИЗА, \quad (2)$$

где n – число веществ, которые загрязняют атмосферу; q_{ci} – среднесуточная концентрация i -й примеси в воздухе; ПДК_{с.с.i} – среднесуточная предельно допустимая концентрация загрязняющего вещества; β_i – показатель вредности i -й примеси; ИЗА – индекс загрязнения атмосферного воздуха.

При подготовке расчетных материалов по состоянию загрязнения атмосферного воз-

духа использовались нормативы СанПиН 1.2.3685-21 [4]. Согласно данному нормативно-правовому документу, была составлена таблица ПДК загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в пределах городских и сельских поселений (табл. 2). Также стоит обратить внимание, что помимо лимитирующих показателей вредности, указывается и класс опасности.

При расчете комплексного ИЗА используется степень вредности загрязняющего вещества, которая зависит от класса опасности этого вещества (табл. 3).

Результаты и обсуждение

Результаты мониторинга показаны в виде динамики среднесуточного значения AQI

Таблица 2

ПДК исследуемых загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений

Наименование вещества	Формула вещества	Предельно допустимые концентрации веществ, 10 ⁻⁶ кг/м ³			Класс опасности
		Максимально-разовая	Среднесуточная	Среднегодовая	
Взвешенные частицы размером 2,5 мкм и меньше	PM2,5	0,16	0,035	0,025	–
Взвешенные частицы размером до 10 мкм	PM10	0,3	0,06	0,04	–
Диоксид азота	NO ₂	0,2	0,1	0,4	3
Озон (трехатомный кислород)	O ₃	0,16	0,1	0,03	1
Углерода оксид (угарный газ)	CO	5,0	3,0	3,0	4
Диоксид серы	SO ₂	0,5	0,05	–	3

Таблица 3

Константа приведения степени вредности i -го вещества

Класс опасности	1	2	3	4
Показатель вредности (β_i)	1,7	1,3	1,0	0,9

(рис. 3). Установлено, что индекс качества воздуха в Волгограде не превышает отметки 50 и находится в пределах «хороший» качества воздуха с низким уровнем загрязнения атмосферы.

Из данных таблицы 4 видно, что загрязняющие атмосферный воздух вещества, а именно озон; PM_{2,5}; PM₁₀; азота диоксид; серы диоксид находились в пределах «хороший» и углерода оксид в пределах «приемлемый» уровня качества воздуха (табл. 4), что в свою очередь допустимо для городов с развитой промышленностью.

Полученные в результате произведенных расчетов данные значений индекса загрязня-

ющих веществ при использовании стандартов и показателей, принятых в РФ, представлены в таблице 5.

Произведенные вычисления позволили оценить комплексный индекс загрязнения атмосферы в г. Волгограде в зимне-весенний период 2022 г. (см. рис. 4).

В результате исследований установлено, что в период исследования в г. Волгограде был отмечен низкий уровень загрязнения атмосферного воздуха; значения комплексного ИЗА находились в интервале от 0,48 до 1,61.

В дополнении к спутниковому мониторингу показателей качества воздуха в Волго-

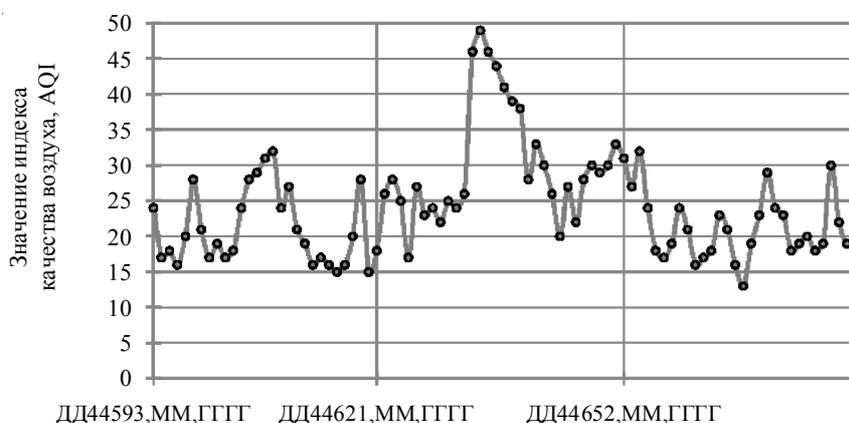


Рис. 3. Динамика индекса качества воздуха с 01.02.2022 по 30.04.2022 г.

Таблица 4

Усредненные значения концентраций веществ за период мониторинга при использовании зарубежных стандартов

	Февраль		Март		Апрель	
	мода	среднее	мода	среднее	мода	среднее
O ₃ , 10 ⁻⁹ кг/м ³	42,0	43,357	31,0	54,516	46,0	44,867
PM _{2,5} , 10 ⁻⁹ кг/м ³	5,0	6,857	4,0	8,258	7,0	7,333
PM ₁₀ , 10 ⁻⁹ кг/м ³	7,0	11,107	7,0	12,452	8,0	11,933
NO ₂ , 10 ⁻⁹ кг/м ³	3,0	5,286	2,0	5,161	4,0	5,7
SO ₂ , 10 ⁻⁹ кг/м ³	1,0	1,214	1,0	1,0	1,0	0,833
CO, 10 ⁻⁶ кг/м ³	0,136	0,135	139,0	137,484	133,0	136,9

Таблица 5

Усредненные значения индекса загрязняющих веществ при использовании стандартов и показателей, принятых в РФ

	Февраль		Март		Апрель	
	мода	среднее	мода	среднее	мода	среднее
O ₃ , 10 ⁻⁶ кг/м ³	0,22884	0,24881	0,13656	0,37132	0,26711	0,26578
PM _{2,5} , 10 ⁻⁶ кг/м ³	0,14286	0,19592	0,11429	0,23594	0,20000	0,20952
PM ₁₀ , 10 ⁻⁶ кг/м ³	0,11667	0,18512	0,11667	0,20753	0,13333	0,19889
NO ₂ , 10 ⁻⁶ кг/м ³	0,03000	0,05286	0,02000	0,05161	0,04000	0,05700
SO ₂ , 10 ⁻⁶ кг/м ³	0,02000	0,02429	0,02000	0,02000	0,02000	0,01667
CO, 10 ⁻⁶ кг/м ³	0,06177	0,06140	0,06299	0,06235	0,06054	0,06211

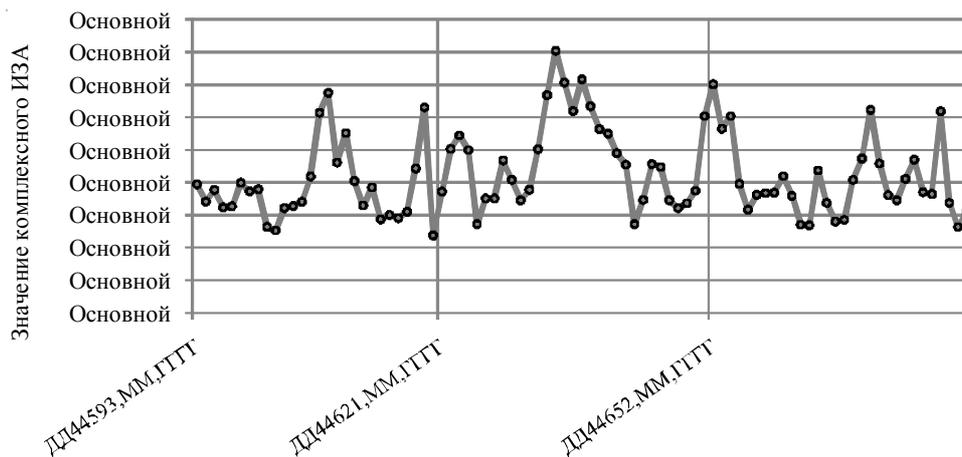


Рис. 4. Динамика КИЗА в период исследования

раде с помощью программы «Accu Weather» была проанализирована информация по изменению уровня загрязнения атмосферного воздуха за период 2017–2021 годов. Наблюдательная сеть Межрегионального управления Росприроднадзора по Астраханской и Волгоградской областям включает 4 автоматизированных стационарных постов в городе Волгограде (Тракторозаводском, Дзержинском, Центральном, Советском районах).

Необходимо отметить, что в целом уровень загрязнения атмосферного воздуха г. Волгограда, имеет тенденцию к снижению. Повышение уровня загрязнения атмосферы в 2021 г. связано с введением новых нормативов СанПиН 1.2.3685-21. Вклад в величину ИЗА₅ приоритетных веществ различается при использовании нормативов СанПиН 1.2.3685-21 и ГН 2.1.6.3492-17. Наибольший вклад в изменение оценки уровня загрязнения атмосферного воздуха и к увеличению индекса ИЗА₅ привело ужесточение нормативов по взвешенным веществам и формальдегиду (см. табл. 6, рис. 5).

Заключение

В России предъявляются высокие требования к качеству атмосферного воздуха; в отличие от зарубежных стандартов, учитываются вещества с эффектом суммации, а также берется во внимание степень опасности каждого вещества, загрязняющего атмосферу. Полученные результаты исследований свидетельствуют о низком уровне загрязнения атмосферного воздуха в г. Волгограде в зимне-весенний период 2022 года. Необходимо отметить, что в целом уровень загрязнения атмосферного воздуха г. Волгограда, по данным государственной наблюдательной сети Волгоградского ЦГМС (установленный ФГБУ «Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова»), имеет тенденцию к снижению от высокого в 2013 г. до повышенного и низкого в 2017–2020 годах. Повышение уровня загрязнения атмосферы в 2021 г. связано с введением новых нормативов СанПиН 1.2.3685-21. Вклад в величину ИЗА₅ приоритетных веществ различается при использовании нормативов СанПиН 1.2.3685-21 и

Таблица 6

Изменение уровня загрязнения атмосферного воздуха Волгограда за период 2017–2021 гг.

Характеристика показателей	Годы				
	2017	2018	2019	2020	2021
ПЗА	2,6				
СИ	1,7	3,1	2,0	4,0	2,2
НП	0,4	4,0	4,8	6,0	5,2
ИЗА5	3,1	4,3	3,2	4,0	10,6

Примечание. ИЗА5 – ориентировочное значение, без учета загрязнения бенз(а)пиреном и тяжелыми металлами.

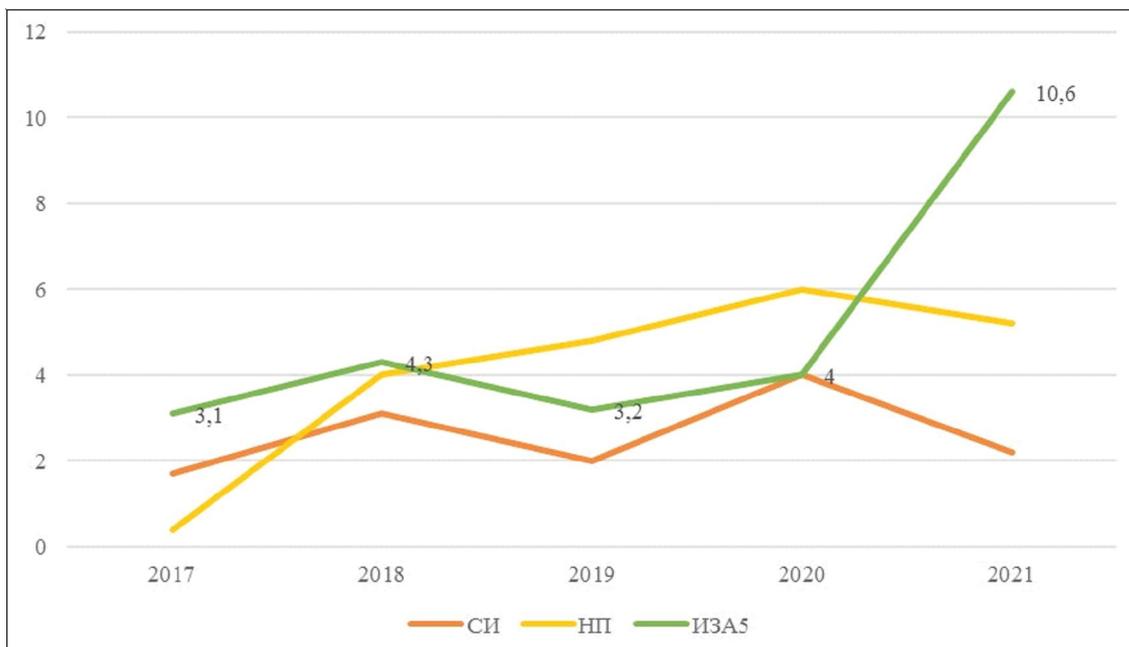


Рис. 5. Изменение уровня загрязнения атмосферы Волгограда

ГН 2.1.6.3492-17. Наибольший вклад в изменение оценки уровня загрязнения атмосферного воздуха и к увеличению индекса ИЗА5 привело ужесточение нормативов по взвешенным веществам и формальдегиду.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Доклады о состоянии окружающей среды Волгоградской области. – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: <https://oblkompriroda.volgograd.ru/current-activity/analytics/reports> (дата обращения: 17.03.2022). – Загл. с экрана.
2. Зализняк, Е. А. КРП государственного управления безопасностью в техносфере на примере охраны атмосферного воздуха / Е. А. Зализняк, Е. А. Иванцова, Е. Р. Зализняк // Природные системы и ресурсы. – 2018. – Т. 8, № 3. – С. 38–50. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2018.3.5>
3. Павлова, Т. В. Патогенное действие факторов внешней среды на организм человека / Т. В. Павлова, Н. Б. Пилькевич, Л. А. Павлова. – Белгород : НИУ БелГУ, 2021. – 110 с.
4. СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания // Консорциум «Кодекс» : сайт. – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573500115?section=status> (дата обращения: 17.03.2022). – Загл. с экрана.
5. Сердюкова, А. Ф. Экологические проблемы мегаполисов / А. Ф. Сердюкова, Д. А. Барабан-

щиков // Молодой ученый. – 2018. – № 25 (211). – С. 36–39.

6. Состояние загрязнения окружающей среды в 2021 г. // Волгоградский ЦГМС : сайт. – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: <https://meteo34.ru/okr2021/> (дата обращения: 17.03.2022). – Загл. с экрана.

7. Уровень загрязнения воздуха по городам России 2021. – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: <https://touristam.com/uroven-zagryazneniya-vozduha-rossii.html> (дата обращения: 17.03.2022). – Загл. с экрана.

8. Экологическая оценка городских агломераций на основе индикаторов устойчивого развития / Е. А. Иванцова, М. В. Постнова, В. А. Сагалаев [и др.] // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 3, Экономика. Экология. – 2019. – Т. 21, № 2. – С. 143–156. – DOI: <https://doi.org/10.15688/jvolsu3.2019.2.13>

9. Экологический мониторинг / Н. П. Чекаев, А. Н. Арефьев, Ю. В. Блиохватова, А. А. Блиохватов. – Пенза : ПГАУ, 2020. – 201 с.

10. Development of indoor environmental index: Air quality index and thermal comfort index / S. M. Saad, A. Y. M. Shakaff, A. R. M. Saad [et al.] // AIP Conference Proceedings. – 2017. – Vol. 1808, № 1. – P. 20043. – DOI: <http://dx.doi.org/10.1063/1.4975276>

REFERENCES

1. *Doklady o sostoyanii okruzhayushchey sredy Volgogradskoy oblasti* [Reports on the State of the Environment of the Volgograd Region]. URL:

<https://oblkompriroda.volgograd.ru/current-activity/analytics/reports>

2. Zaliznyak E.A., Ivantsova E.A., Zaliznyak E.R. KPI gosudarstvennogo upravleniya bezopasnostyu v tehnosfere na primere okhrany atmosfernogo vozdukha [KPI of State Safety Management in the Technosphere on the Example of Atmospheric Air Protection]. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2018, vol. 8, no. 3, pp. 38-50. DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2018.3.5>

3. Pavlova T.V., Pilkevich N.B., Pavlova L.A. *Patogennoe deistvie faktorov vneshnei sredy na organizm cheloveka* [Pathogenic Effect of Environmental Factors on the Human Body]. Belgorod, NRU BelGU, 2021. 110 p.

4. SanPiN 1.2.3685-21 Gigiyenicheskiye normativy i trebovaniya k obespecheniyu bezopasnosti i (ili) bezvrednosti dlya cheloveka faktorov sredy obitaniya [SanPiN 1.2.3685-21 Hygienic Standards and Requirements for Ensuring the Safety and (or) Harmlessness of Environmental Factors for Humans]. *Konsortsium «Kodeks»: sayt* [Codex Consortium: Website]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115?section=status> (accessed 17 March 2022).

5. Serdyukova A.F., Barabanshchikov D.A. Ekologicheskie problemy megapolisov [Ecological Problems of Megacities]. *Molodoy uchenyy* [Young Scientist], 2018, no. 25 (211), pp. 36-39.

6. Sostoyaniye zagryazneniya okruzhayushchey sredy v 2021 g. [The State of Environmental Pollution in 2021]. *Volgogradskiy TsGMS: sayt* [Volgograd TsGMS: Website]. URL: <https://meteo34.ru/okr2021/> (accessed 17 March 2022).

7. *Uroven zagryazneniya vozdukha po gorodam Rossii 2021* [The Level of Air Pollution in Russian Cities 2021]. URL: <https://touristam.com/uroven-zagryazneniya-vozduha-rossii.html> (accessed 17 March 2022).

8. Ivantsova E.A., Postnova M.V., Sagalaev V.A. et al. Ekologicheskaya otsenka gorodskikh aglomeraziy na osnove indikatorov ustoichevogo razvitiya [Environmental Assessment of Urban Agglomerations Based on Sustainable Development Indicators]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Seria 3. Ekonomika. Ekologiya* [Bulletin of the Volgograd State University. Series 3. Economics. Ecology], 2019, vol. 21, no. 2, pp. 143-156. DOI: <https://doi.org/10.15688/jvolsu3.2019.2.13>

9. Chekaev N.P., Arefiev A.N., Blinokhvatova Yu.V., Blinokhvatov A.A. *Ekologicheskii monitoring* [Ecological Monitoring]. Penza, Izd-vo PGAU, 2020. 201 p.

10. Saad S.M., Shakaff A.Y.M., Saad A.R.M. et al. Development of Indoor Environmental Index: Air Quality Index and Thermal Comfort Index. *AIP Conference Proceedings*, 2017, vol. 1808, no. 1, pp. 20043. DOI: <http://dx.doi.org/10.1063/1.4975276>

Information About the Authors

Alexey S. Venetsiansky, Candidate of Sciences (Agriculture), Associate Professor, Department of Biology and Bioengineering, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, alven79@mail.ru

Elena A. Ivantsova, Doctor of Sciences (Agriculture), Professor, Director of the Institute of Natural Sciences, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, ivantsova.volgu@mail.ru

Maria P. Shulikina, Students, Department of Biology and Bioengineering, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, bstb-181_641995@volsu.ru

Информация об авторах

Алексей Сергеевич Венецианский, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры биологии и биоинженерии, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, alven79@mail.ru

Елена Анатольевна Иванцова, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, директор института естественных наук, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, ivantsova.volgu@mail.ru

Мария Павловна Шуликина, студентка кафедры биологии и биоинженерии, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, bstb-181_641995@volsu.ru