



DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2024.2.4>

UDC 004.94:504.3.054.628

LBC 26.23

FEATURES OF MONITORING ATMOSPHERIC POLLUTION USING DATA OF A MOBILE MEASURING COMPLEX

Naira Kh. gizi Mustafazade

National Aerospace Agency, Baku, Republic of Azerbaijan

Abstract. One of the main problems facing humanity is the fight against air pollution. The atmosphere is an extremely vulnerable component of the environment. It absorbs all pollution from land, sea, and air transport; energy and agriculture; and heavy and light industry. Global climate change is also associated with an increase in toxic pollutants and greenhouse gases in the atmosphere. Delay in carrying out measures to cleanse the atmosphere can be fatal. A mandatory element of these activities is the monitoring of atmospheric pollution. The development of new tools for monitoring, modeling pollution, and presenting results, including the creation of software, is an urgent task. The article provides a classification of atmospheric pollution models and shows that pollution also depends on the meteorological parameters of the environment. To monitor atmospheric pollution and meteorological parameters, a software and tool system has been created that covers all stages of the study: collection, processing, and presentation of data. Data collection is carried out using a mobile measuring system based on a UAZ vehicle. “Interface” software has been developed to enter data into a computer. The processing of monitoring data and the creation of a model are carried out based on the Group Method of Data Handling (GMDH). A multi-layer electronic monitoring map was created to display the results. The map allows us to display maps of individual air pollutants, an air quality map, relief maps and their derivatives, and a map depicting the area. All software was developed specifically for this study using the MATLAB programming environment.

Key words: atmospheric pollution, modeling, forecasting, interface, e-map.

Citation. Mustafazade N.Kh. gizi. Features of Monitoring Atmospheric Pollution Using Data of a Mobile Measuring Complex. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2024, vol. 14, no. 2, pp. 40-46. (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2024.2.4>

УДК 004.94:504.3.054.628

ББК 26.23

ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ МОНИТОРИНГА АТМОСФЕРНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ МОБИЛЬНОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

Наира Хансувар кызы Мустафазаде

Национальное аэрокосмическое агентство, г. Баку, Азербайджанская Республика

Аннотация. Одной из главных проблем, стоящих перед человечеством, является борьба с загрязнением атмосферы. Атмосфера – чрезвычайно уязвимая составляющая окружающей среды, которая вбирает все загрязнения от наземного, морского и авиатранспорта, энергетики и сельского хозяйства, тяжелой и легкой промышленности. Глобальные изменения, происходящие в климате, также связаны с увеличением содержания в атмосфере токсичных загрязнителей и парниковых газов. Промедление в проведении мероприятий по очищению атмосферы может стать фатальным. Обязательным элементом этих мероприятий является мониторинг атмосферного загрязнения. Разработка новых инструментов для проведения мониторинга, моделирования загрязнения и представления результатов, в том числе, создание программного обеспечения, является актуальной задачей. В статье дана классификация моделей атмосферного загрязнения, показано, что загрязнение зависит и от метеорологических параметров среды. Для проведения мониторинга атмосферо-

го загрязнения и метеорологических параметров создана программно-инструментальная система, охватывающая все этапы проведения исследования: сбора, обработки и представления данных. Сбор данных осуществляется с помощью мобильного измерительного комплекса на базе автомашины УАЗ. Для ввода данных в компьютер разработана программа «Интерфейс». Обработка данных мониторинга и создание модели проводится на основе метода группового учета аргументов. Для отображения результатов создана многослойная электронная карта мониторинга. Карта позволяет выводить карты отдельных загрязнителей атмосферы, карту качества воздуха, карты рельефа и его производных, карту с изображением местности. Все программное обеспечение разработано специально для данного исследования с помощью среды программирования MATLAB.

Ключевые слова: атмосферное загрязнение, моделирование, прогнозирование, интерфейс, электронная карта.

Цитирование. Мустафазаде Н. Х. кызы. Особенности проведения мониторинга атмосферного загрязнения с использованием данных мобильного измерительного комплекса // Природные системы и ресурсы. – 2024. – Т. 14, № 2. – С. 40–46. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2024.2.4>

Введение

Оценка качества окружающей среды, отслеживание динамики ее состояния и организация мониторинга наиболее значимых компонентов, являются актуальными для крупных городов и промышленных центров [3; 6; 10]. По оценкам Всемирной организации здравоохранения, в развивающихся странах увеличение загрязнения воздуха в городах привело к более чем 2 миллионам смертей в год, а также к различным случаям респираторных заболеваний. Одним из основных источников городского загрязнения атмосферы является сектор автомобильного транспорта [12].

В настоящее время вопросам применения автоматизированных систем в целях охраны окружающей среды отводится широкое место. Создание программного комплекса для задач контроля и прогнозирования загрязнения атмосферы является актуальным вопросом.

Материалы и методы

Для качественной и количественной оценки загрязнителей атмосферного воздуха широко используются газоанализаторы и хроматографы различных конструкций. Несмотря на то, что такие измерительные приборы работают по разным физическим принципам, в большинстве случаев они позволяют определять концентрацию многих загрязняющих веществ одновременно, производить калибровку в автоматическом режиме, а также хранить в памяти достаточное количество информации и, при необходимости, переносить его на внешний компьютер.

При этом следует отметить, что размещение соответствующих измерительных приборов в мобильных устройствах позволяет проводить мониторинг в разных городах и регионах. Данные измерений через специальные программы передаются на компьютер и подвергаются предварительной обработке. Наряду с этими данными на компьютер передаются данные о состоянии и навигации, и с помощью другого программного обеспечения эти данные составляют часть базы данных географических информационных систем (ГИС).

С учетом всего сказанного в качестве первоочередной задачи поставлена разработка научно-методических основ создания единой автоматизированной системы, позволяющей осуществлять мониторинг, моделирование и прогнозирование загрязнения атмосферы путем использования существующих и разработки новых измерительных приборов, методов и программ.

Основными компонентами загрязнения являются нетоксичная комбинация двуокиси углерода (CO_2) и водяного пара (H_2O). Но в атмосферу выбрасываются и такие вредные вещества, как окись углерода (угарный газ), сажа, окись серы и азота. В таблице 1 приведены значения предельной допустимой концентрации (далее – ПДК) для некоторых веществ, часто встречающихся в атмосфере [1].

Для моделирования атмосферного загрязнения применяются различные модели. На рисунке 1 представлена общепринятая классификация моделей загрязнения, и, как видно эти модели делятся на физические, математические и статистические [4].

У физических моделей симуляция распространения загрязнения осуществляется в аэродинамической трубе. Математические модели более сложны в разработке. Самые простые и быстрые модели не требуют много ресурсов компьютера и требуют мало времени для расчетов. При этом они не учитывают рельеф местности, вертикальное распределение метеорологических параметров и, в частности, направление и скорость ветра. Для нашего исследования была применена статистическая модель с метеорологическими параметрами в качестве аргументов.

Результаты и обсуждение

В качестве инструмента прогнозирования загрязнения была представлена разрабо-

танная в Национальном Аэрокосмическом Агентстве программно-инструментальная система, охватывающая все этапы сбора, обработки и представления данных. Рассматриваемый кейс в основном охватывает этапы представления результатов обработки, построения моделей прогнозирования концентрации различных загрязняющих веществ и обработки данных существующих первичных датчиков. Также отражены схема мониторинга загрязнения атмосферы, состав первичных датчиков, используемых для практических измерений, методы испытаний и презентации результатов.

Программная часть предлагаемой системы состоит из четырех основных программ:

Таблица 1

Значения ПДК некоторых загрязнителей атмосферы, мг/м³

Вещество	ПДК
Пыль	0.15
Сера	0.05
4 Оксид азота	0.04
Сероводород	0.008
Монооксид углерода	3
Фурфурол	0.05
Формальдегид	0.003
Аммиак	0.04
2 Оксид азота	0.4
Сажа	0.15
Серная кислота	0.3
Твердые фториды	0.03
Фторид водорода	0.005
Хлор	0.03

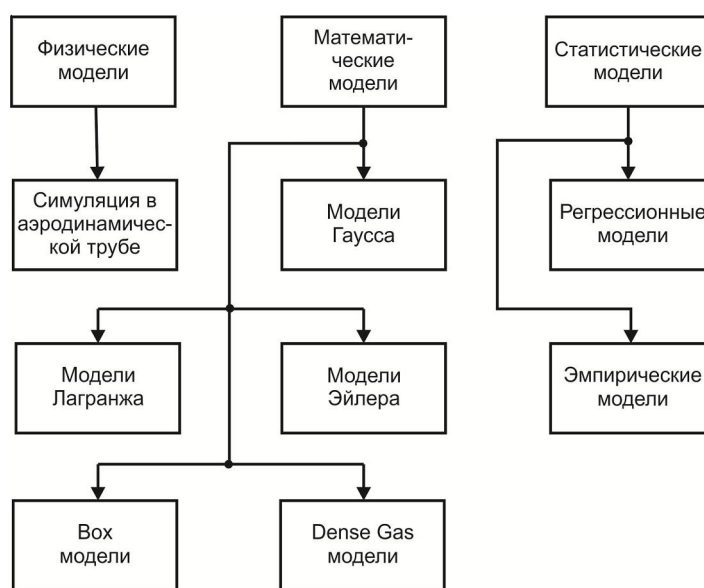


Рис. 1. Классификация моделей атмосферного загрязнения

программы ввода данных, программы моделирования, программы прогнозирования и программы представления результатов. Кроме того, в систему включена база данных мониторинга загрязнения атмосферы. Также для обеспечения работы системы было решено разработать несколько вспомогательных программ. Это программы для создания разных слоев электронной карты мониторинга и программы, определяющие координаты точек наблюдения и оптимальный маршрут между этими точками. Эти программы в процессе работы используют данные веб-сервиса Google Maps.

Данные для исследования получены с помощью набора первичных датчиков. Измерительные датчики устанавливаются на транспортное средство и составляют мобильную измерительную лабораторию. В указанное время группа специалистов выезжает на этой машине по заранее заданному маршруту и проводит замеры метеорологических параметров и концентраций различных загрязнителей атмосферы. Полученные данные вводятся в компьютер с помощью разработанной нами программы «Интерфейс». Программа обеспечивает ввод, визуализацию и хранение данных на жестком диске компьютера. Ввод данных осуществляется с помощью контроллеров E14-140 производства «L-Card» (Россия) [8; 9].

В процессе измерения можно отображать на экране монитора до четырех входных сигналов, таким образом контролируя ход процесса измерения. Данные сохраняются на жестком диске компьютера для последующей обработки. При этом на жестком диске сохраняются файлы, в которых есть статусная информация, включающая координаты и время измерения.

На основе измерений создана база данных мониторинга загрязнения атмосферы и разработаны программы для автоматизации ввода данных в базу данных, размещенных в файлах различных форматов. В этой базе данных хранятся данные всех наблюдений, сделанных во время мониторинга, а также информация о концентрации загрязняющих веществ и метеорологических условиях, существовавших в момент проведения измерений. Также с помощью утилит преобразования сохраненные данные можно преобразовать в формат

файла, используемый в таких программах, как Excel или MATLAB.

Вторая важная часть предлагаемой системы – программа построения модели исследуемого процесса – работает в среде MATLAB. В результате его реализации создается полиномиальная формула. Этот полином является функцией выбранной физической величины (в данном случае концентрации вредных смесей) от других влияющих факторов, в том числе температуры, скорости ветра, направления и т. д. Генерация полиномов осуществляется с использованием оригинальной модификации одного из известных алгоритмов метода расчета группы аргументов (МГУА) [5].

Известно, что на концентрации загрязнителей сильно влияют метеорологические факторы. Результат показал, что концентрация загрязняющих веществ в атмосфере ниже при условии увеличения количества осадков, низкой температуры и повышенного уровня влажности по сравнению с засушливым сезоном [11].

Следующей частью системы является программное обеспечение для прогнозирования, которое создано для прогнозирования на основе полученных моделей. Наконец, программа представления, последняя часть рассматриваемой системы, предназначена для отображения результатов мониторинга или прогнозирования в табличной или графической форме. Реализация этой части выполнена в программной среде MATLAB [9], и позволяет вывести карту загрязнения. Все этапы сбора и обработки сигналов, описанные выше (этапы мониторинга, моделирования и прогнозирования), а также структурная схема системы показаны на рисунке 2.

Первичные датчики позволяют измерять концентрацию различных загрязнителей атмосферы, а также метеорологические факторы. Датчики могут иметь как аналоговый, так и цифровой выход. Программа «Интерфейс» может принимать данные в любой из этих двух форм. Входящий в состав контроллера аналого-цифровой преобразователь (АЦП) преобразует аналоговые данные в цифровой формат с высокой точностью. Данные сохраняются в базе данных мониторинга или в формате программы «Интерфейс».

Система управления базой данных мониторинга обеспечивает ввод данных из файлов

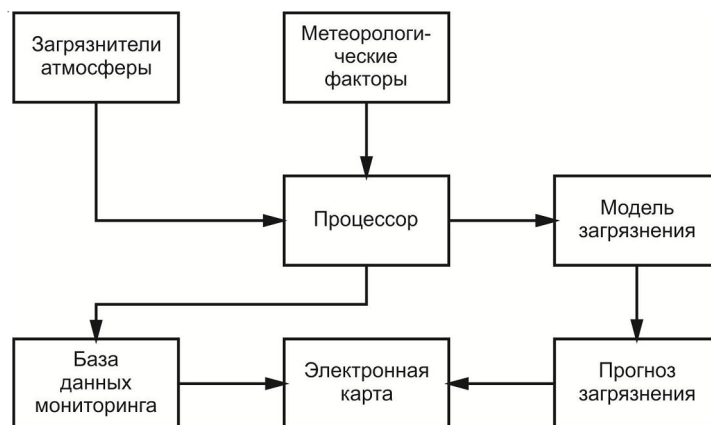


Рис. 2. Структура программно-инструментальной системы для мониторинга, моделирования и прогнозирования атмосферного загрязнения

различных форматов, а также обеспечивает выборку для обработки с помощью системы запросов к базе данных. Система может реализовывать три разные задачи – процессы моделирования, прогнозирования и презентации.

Результатом работы программы моделирования является аналитическое представление зависимости концентрации загрязнения от метеопараметров с заданной точностью. Полученная формула отображается и сохраняется в таблице моделей. Программное обеспечение для прогнозирования рассчитывает загрязнение на основе одной из полученных моделей и отправляет его в программное обеспечение для презентации.

Программное обеспечение для презентации позволяет отображать распределение концентрации выбранного загрязняющего вещества в зоне мониторинга в графическом или табличном виде. В качестве входных данных для этой программы могут использоваться данные выбора из базы данных или данные прогноза. Все операции управления выполняются с помощью графического пользовательского интерфейса, который состоит из основной формы и нескольких вспомогательных окон. Программа предоставляет возможность также найти комплексный индекс загрязнения атмосферы. Для его расчета обычно используют 5 загрязняющих веществ, их среднесуточные концентрации, значения ПДК и показатели вредности [2].

Заключение

Показано значение мониторинга загрязнения атмосферы для экологической оценки состо-

яния окружающей среды промышленного города или района, и указаны основные типы загрязнителей атмосферы, характерные для городских условий. Описаны особенности существующих моделей загрязнения атмосферы, показаны влияние метеорологических факторов на распространение загрязнения в атмосфере и подходы к их оценке. Представлена структура программно-инструментальной системы, разработанной для сбора, моделирования и прогнозирования информации о загрязнении атмосферы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Афанасьева, Н. А. Методические указания по курсу «Экологический мониторинг» / Н. А. Афанасьева, В. Д. Шантарин. – Тюмень, 2001. – 27 с.
2. Венецианский, А. С. Дистанционный мониторинг качества атмосферного воздуха города Волгограда / А. С. Венецианский, Е. А. Иванцова, М. П. Шуликина // Природные системы и ресурсы. – 2022. – Т. 12, № 2. – С. 21–28. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2022.2.3>
3. 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>
4. Замай, С. С. Модели оценки и прогноза загрязнения атмосферы промышленными выбросами в информационно-аналитической системе природоохранных служб крупного города / С. С. Замай, О. Э. Якубайлик. – Красноярск, 1998. – 18 с.
5. Мамедов, М. И. Модификация алгоритма GNM (Модифицированная Нумерация Геделя) для построения линейных регрессионных моделей

/ М. И. Мамедов, Н. Х. Мустафазаде, Р. Т. Гафаров // Известия АНАКА. – 2015. – Т. 18, № 2. – С. 64–67.

6. Нгуен, М. Т. К вопросу о прогнозной оценке техногенной нагрузки на атмосферный воздух урбо-экосистем / М. Т. Нгуен, Е. А. Иванцова // Природные системы и ресурсы. – 2022. – Т. 12, № 4. – С. 5–15. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2022.4.1>

7. Объектная модель программы «Interfeys» / Ф. Г. Агаев [и др.] // Известия АНАКА. – 2015. – Т. 18, № 2. – С. 57–63.

8. Программа ввода данных с настраиваемым интерфейсом / Р. К. Гулузаде [и др.] // Известия АНАКА. – 2014. – Т. 17, № 1. – С. 32–35.

9. Сулейманов, Т. И. Обработка данных мониторинга атмосферных загрязнений города Баку / Т. И. Сулейманов, Н. Х. Мустафазаде, Р. К. Гулузаде // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2016. – № 10. – С. 41–45.

10. Тихонова, А. А. Регулярный мониторинг состояния почв и зеленых насаждений как направление оценки качества городской среды / А. А. Тихонова, А. В. Холоденко // Природные системы и ресурсы. – 2021. – Т. 11, № 3. – С. 5–13. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2021.3.1>

11. Oji, S. Correlation Between Air Pollutants Concentration and Meteorological Factors on Seasonal Air Quality Variation / S. Oji, H. Adamu // Journal of Air Pollution and Health. – 2020. – № 5 (1). – P. 11–32. – DOI: <https://doi.org/10.18502/japh.v5i1.2856>

12. Urban Air Quality Management – A Review / S. N. Gulia [et al.] // Atmospheric Pollution Research. – 2015. – № 6. – P. 286–304.

REFERENCES

1. Afanasyeva N.A., Shantarin V.D. *Metodicheskiye ukazaniya po kursu «Ekologicheskyy monitoring»* [Guidelines for the Course “Environmental Monitoring”]. Tyumen, 2001. 27 p.

2. Venetsiansky A.S., Ivantsova E.A., Shulikina M.P. Distantionnyy monitoring kachestva atmosfornogo vozdukhа goroda Volgograda [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>

3. Zaliznyak E.A., Ivantsova E.A., Zaliznyak E.R. KPI gosudarstvennogo upravleniya bezopasnost'yu v tekhnosfere na primere okhrany atmosfornogo vozdukhа [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>

4. Zamai S.S., Yakubailik O.E. *Modeli otsenki i prognoza zagryazneniya atmosfery promyshlennymi*

vybrosami v informatsionno-analiticheskoy sisteme prirodookhrannykh sluzhb krupnogo goroda [Models for Assessing and Forecasting Atmospheric Pollution by Industrial Emissions in the Information and Analytical System of Environmental Services of a Large City]. Krasnoyarsk, 1998. 18 p.

5. Mamedov M.I., Mustafazade N.Kh., Gafarov R.T. Modifikatsiya algoritma GNM (Modifitsirovannaya Numeratsiya Gedelya) dlya postroyeniya lineynykh regressionnykh modeley [Modification of GNM Algorithm to Build Linear Regression Model]. *Izvestiya ANAKA* [Bulletin of Azerbaijan National Aerospace Agency], 2015, vol. 18, no. 2, pp. 64–67.

6. Nguyen M.T., Ivantsova E.A. K voprosu o prognoznoy otsenke tekhnogennoy nagruzki na atmosfernyy vozdukh urboekosistem [On the Issue of Predictive Assessment of Technogenic Load on the Atmospheric Air of Urban Ecosystems]. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2022, vol. 12, no. 4, pp. 5–15. DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2022.4.1>

7. Agayev F.G., Guluzade R.K., Mustafazade N.Kh. et al. Obyektnaya model programmy «Interfeys» [Object Model of “Interface” Software]. *Izvestiya ANAKA* [Bulletin of Azerbaijan National Aerospace Agency], 2015, vol. 18, no. 2, pp. 57–63.

8. Guluzade R.K., Abdullayeva M.A., Zakharov I.G., Mustafazade N.Kh. Programma vvida dannykh s nastraivayemym interfeysom [Data Entry Software with Adjustable Interface]. *Izvestiya ANAKA* [Bulletin of Azerbaijan National Aerospace Agency], 2014, vol. 17, no. 1, pp. 32–35.

9. Suleymanov T.I., Mustafazade N.Kh., Guluzade R.K. Obrabotka dannykh monitoringa atmosferykh zagryazneniy goroda Baku [The Data Processing of Air Pollution Monitoring in Baku City]. *Pribory i sistemy. Upravleniye, kontrol, diagnostika* [Instruments and Systems: Monitoring, Control, and Diagnostics], 2016, no. 10, pp. 41–45.

10. Tikhonova A.A., Kholodenko A.V. Regulyarnyi monitoring sostoianiya pochv i zelenykh nasazhdenii kak napravlenie otsenki kachestva gorodskoi sredy [Regular Monitoring of the Condition of Soils and Green Plants As a Direction for Assessing the Quality of the Urban Environment]. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2021, vol. 11, no. 3, pp. 5–13. DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2021.3.1>

11. Oji S., Adamu, H. Correlation Between Air Pollutants Concentration and Meteorological Factors on Seasonal Air Quality Variation. *Journal of Air Pollution and Health*, 2020, no. 5 (1), pp. 11–32. DOI: <https://doi.org/10.18502/japh.v5i1.2856>

12. Gulia S.N., Shiva S.M., Mukesh K. et al. Urban Air Quality Management – A Review. *Atmospheric Pollution Research*, 2015, no. 6, pp. 286–304.

Information About the Author

Naira Kh. gizi Mustafazade, Candidate of Technical Sciences, Scientific Secretary, Institute of Natural Research of Space Resources, National Aerospace Agency, S.S.Akhundova St, 1, AZ1115 Baku, Republic of Azerbaijan, nm_609@mail.ru

Информация об авторе

Наира Хансувар кызы Мустафазаде, кандидат технических наук, ученый секретарь Института природных исследований космических ресурсов, Национальное аэрокосмическое агентство, ул. С.С. Ахундова, 1, AZ1115 г. Баку, Азербайджанская Республика, nm_609@mail.ru