

ВЪЗМОЖНОСТИ ЗА ИЗПОЛЗВАНЕ НА ДРОНОВЕ ПРИ ИЗСЛЕДВАНЕ НА АТМОСФЕРНИ ЗАМЪРСЯВАНИЯ

Мария Димитрова, Гаро Мардиросян, Стефан Шопов

*Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
e-mail: maria@space.bas.bg*

Ключови думи: дистанционни изследвания, атмосферно замърсяване, дронове

Резюме: В работата са разгледани перспективите за използване на дронове при изследвания на атмосферни замърсявания на места, където липсват АИС, при изследване на разпространението на замърсителите във височина, при епизодични явления в труднодостъпни места и др.

POSSIBILITIES FOR USING DRONES IN RESEARCHING OF ATMOSPHERIC POLLUTION

Maria Dimitrova, Garo Mardirossian, Stefan Shopov

*Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences
e-mail: maria@space.bas.bg*

Keywords: remote sensing, air pollution, drones

Abstract: The work examines the prospects for using drones in atmospheric pollution studies in places where AIS are lacking, in studying the distribution of pollutants at altitude, in episodic phenomena in hard-to-reach places, etc..

Въведение

Нивото на замърсяване на въздуха се определя както от емисиите на замърсители, така и от дисперсионните процеси в атмосферата. В повечето случаи атмосферата се самопречиства, но в някои случаи на постоянно емитиране на съответния замърсител.

Основните неблагоприятни метеорологични условия, предпоставка за натрупване на замърсители в приземния слой на атмосферата са: ниска скорост на вятъра (по-малка от 1,5 m/s) и устойчива стратификация (слаба турбулентност и съответно слабо вертикално смесване). Температурните инверсии и устойчивата стратификация на атмосферния граничен слой създават условия на застой, водещи до ограничаване на разсейването на замърсители във въздуха, и следователно до по-високи концентрации.

Влажността на въздуха е параметър, който влияе върху разпространението на прахови замърсители и играе важна роля в образуването на киселинни аерозоли. По-високата влажност води до хидратирането на някои замърсители и преобразуването им в нови токсични съединения.

Друг важен фактор влияещ на качество на въздуха е релефът. Той може да служи като стена възпрепятстваща замърсените въздушни маси да напуснат района. Гъсто застроените зони също блокират вентилацията и задържат замърсения въздух близо до земята.

Трансграничното замърсяване на въздуха е свързано със замърсители от източници на емисии намиращи се далече, както от естествен (прах от Сахара, горски пожари, изригване на вулкани и др.), така и от антропогенен произход (топлоцентрали на твърдо гориво, открити рудници, каменоломни и др.). Някои от емитираните замърсители могат да претърпят различни химически трансформации по време на преноса им от въздушните маси, докато други се

транспортират като пасивни вещества, но и в двата случая, могат да засегнат градове и райони, доста отдалечени от мястото, от което произхождат [1].

Замърсители на въздуха могат да имат естествен (биоγενен), антропогенен или смесен произход, в зависимост от техните източници или източниците на техните прекурсори¹. Те са категоризирани като първични или вторични. Първичните замърсители се отделят директно в атмосферата, докато вторичните се образуват при взаимодействие с други вещества (прекурсори) чрез химични реакции и микрофизични процеси. Първичните замърсители на въздуха са фини прахови частици (ФПЧ), черен въглерод (ЧВ), серни оксиди (SO_x), азотни оксиди (NO_x) (включващи както азотен оксид (NO), така и азотен диоксид (NO₂)), амоняк (NH₃), въглероден оксид (CO), метан (CH₄), неметанови летливи органични съединения (НМЛОС), включително бензен (C₆H₆), някои метали и полициклически ароматни въглеводороди (ПАВ), включително бензо[а]пирен (БаП). Вторично образуваните замърсители на въздуха са ПЧ (образувани в атмосферата от SO₂, NO_x, NH₃ и ЛОС), озон (O₃), NO₂ и няколко летливи органични съединения (ЛОС). Някои НМЛОС се окисляват, образувайки по-малко летливи съединения, които от своя страна образуват вторични органични аерозоли. Приземният (наричан още тропосферен) озон не се отделя директно в атмосферата, а се формира от взаимодействието на други замърсители (метан, азотни оксиди) със слънчевата светлина.

Праховите частици, азотният диоксид и приземният озон са общопризнати в днешни дни като трите замърсителя, които влияят в най-голяма степен върху човешкото здраве. Продължителното излагане на високи нива от тези замърсители варира по тежест на въздействието от увреждане на дихателната система до преждевременна смърт. Около 90% от жителите на градовете в Европа са изложени на концентрации, по-високи от нивата считани за вредни за здравето [1]. По тази причина в Европейски мащаб се работи за намаляване на вредните емисии в атмосферата. Изготвен е и План за действие на ЕС: „Към нулево замърсяване на въздуха, водата и почвата“ [2].

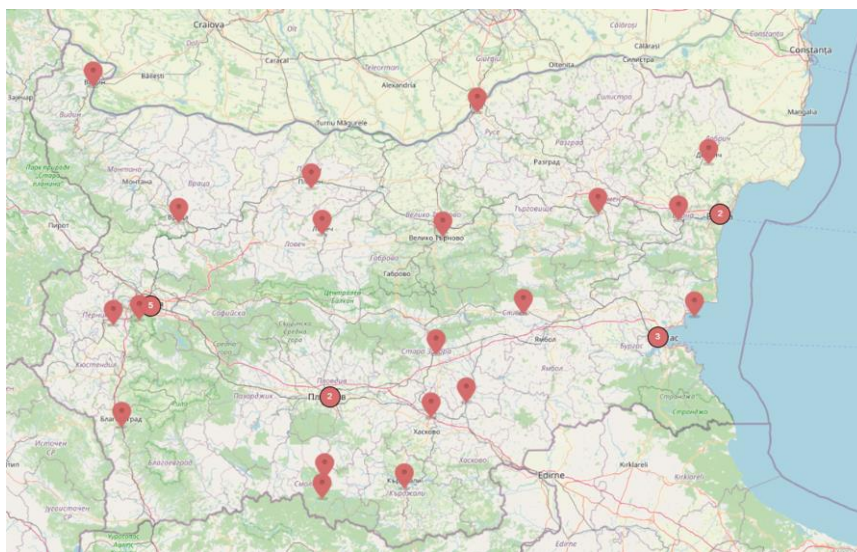
Традиционни методи за регистриране на атмосферните замърсители

Традиционно, нивата на замърсяване на въздуха се измерват посредством автоматични измервателни станции от земята или чрез използване на спътникови данни.

Националната автоматизирана система за контрол качеството на въздуха се състои от 50 стационарни пункта, в т.ч. 34 автоматични измервателни станции (АИС), 9 пункта с ръчно пробонабиране и последващ лабораторен анализ и 7 автоматични ДОАС системи. Пунктовете за контрол качеството на атмосферния въздух (КАВ) са разположени в 34 населени места. Информацията за състоянието на атмосферния въздух от всички пунктове за мониторинг постъпва в централен диспечерски пункт в ИАОС. На локално ниво информацията постъпва в регионални диспечерски пунктове, разположени в съответните РИОСВ [3].

Данните за отделните замърсители се предоставят на средночасова, дневна или годишна база. Могат да бъдат получени в табличен вид от няколко източника:

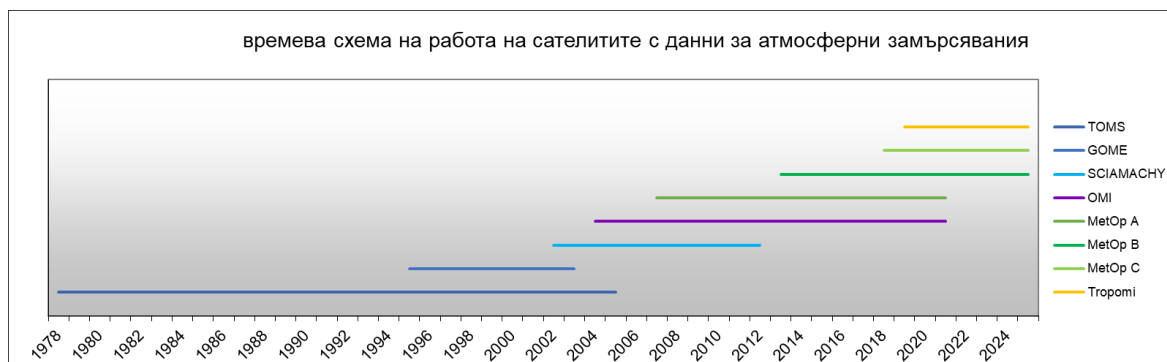
- за периода 2015 до сега от системата КАВ [4];
 - за периода 2013 до сега – от Европейския портал за качеството на въздуха [5].
- На фиг. 1 е представено разположението на АИС в България [4].



Фиг. 1. Разположение на АИС на територията на България

Основен недостатък на изследването на атмосферното замърсяване посредством АИС е малкият им брой и факта, че данните от тях са валидни само за малък район в близост до точката, където е разположена съответната измервателна станция.

Другият основен източник на данни за атмосферните замърсители са сателитните измервания. Такива измервания се правят от дълго време. На фиг. 2 е представена схематична графика за периодите на предоставяне на свободни данни от основните инструменти [6]



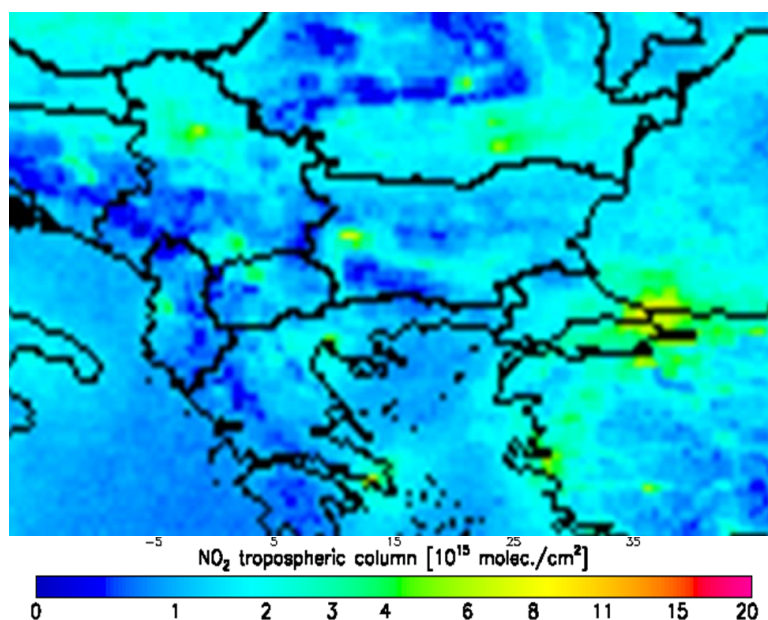
Фиг. 2. Разположение на АИС на територията на България

Както се вижда от фиг. 2, данни за атмосферни замърсители, при това свободни за ползване, има от по-дълъг период, отколкото има такива от АИС. Тези данни, обаче, имат няколко съществени недостатъка.

На първо място, данните за различни периоди са от различни инструменти и, съответно, трудно могат да бъдат използвани заедно.

На второ място, данни се получават от всяко едно прелитане на сателита над определена територия, което рядко е повече от веднъж на ден.

На трето място стои ниската пространствена разделителна способност на тези данни – обикновено около 50 km^2 за по-старите инструменти и около 5 km^2 за данните от Sentinel 5P – инструмент Tropomi. На фиг. 3 е показан пример за типично разпределение на NO_2 над България по данни от Tropomi [6].



Фиг. 3. Пример за средномесечно разпределение на NO_2 над България – януари 2024 г.

На четвърто, но не и на последно по важност място стои факта, че сателитните измервания предоставят данни за съдържанието на даден замърсител в цялата колона над определения регион (единици на m^2), докато важна от екологична гледна точка е обемната концентрация (единица на m^3).

Мястото на дроновете за регистриране на атмосферните замърсители

През последните години все по-често навлизат измервания с дроне за места, където няма разположени АИС [7, 8, 9, 10]. Това е една свободна ниша за получаване на информация за качеството на атмосферния въздух на места, до където няма свободен достъп за разполагане на стационарни АИС, случаите на атмосферни замърсявания са епизодични или достъпът до територията е ограничен от географското му разположение.

Един пример за такъв тип дроне е Дронът за околна среда. Това по същината си е въздушна роботизирана система, проектирана да получава автоматично подходящи метеорологични данни, особено данни за AQHI – индекс за качеството на атмосферния въздух, на определена станция или място. Е-дронът има базова станция на мястото, където трябва да се събират данни за околната среда. Базовата станция се състои от компактен слънчев панел със захранващи връзки, разположени отстрани, за да осигуряват непрекъснато захранване на дрона между събирането на метеорологични данни [8]. Всяка от концентрациите на замърсители на въздуха се измерва в системата E-drone от отделни и различни сензори. В конкретния случай [8] се измерват концентрациите на CO_2 , CO , NH_3 , SO_2 , PM , O_3 и NO_2 .

Съвместното използване на спътникови и наземни данни дава една много по-пълна картина на разпространението и динамиката на атмосферните замърсявания. За получаване на общи количествени оценки, обаче са необходими някои калибрирания и модел на разпространението на даден замърсител във височина.

Именно тук авторите виждат и основната роля на измерването на атмосферните замърсители с помощта на дрон или система от дроне. Една система за получаване на данни, които могат да бъдат използвани за изграждането на модел на разпространението на отделните замърсители във височина би следвало да бъде изградена по следния начин.

- Измервания трябва да се направят на място над (или в непосредствена близост до) работеща АИС.
- Трябва да бъдат направени измервания на различни височини над една и съща точка
- Измерванията на височината, ма която е разположена съответната АИС да се калибрират спрямо измерените от последната стойности.
- Да се направят измервания и в момент на прелитане на съответен сателит над избраното място за да може да се получи съответствие между обемната концентрация, измерена на земята и площната такава, измерена от инструмента на сателита.

Дроновете могат да бъдат използвани и за получаване на карта на разпространението на даден атмосферен замърсител над определен обект. Такъв обект могат да бъдат регламентираните и нерегламентирани сметища за битови отпадъци, както и депата за опасни отпадъци.

Един от основните източници на замърсяване с NO_2 е автомобилният трафик. Както се вижда от фиг. 3, по протежение на автомагистрала Тракия се наблюдава повишаване на концентрацията на този замърсител. Сравнявайки фиг. 3 с фиг. 1 виждаме, че измервания от АИС има в градовете София и Пловдив, но не и по трасето между тях. Регулярното облитане с дрон над даден участък би могло да бъде използвано за количествена оценка на нивото на това замърсяване, както и на ареала на неговото разпространение.

Заклучение

В заключение можем да отбележим че правилното съвместно използване на данни от различни източници дава възможност както за регистрирането на атмосферни замърсители, така и за разбирането и моделирането на тяхното разпространение.

Дроновете са едно съвременно, сравнително евтино и достъпно средство за получаване на допълнителна информация и свързващо звено за калибриране на измерванията от различни източници и моделиране на пространственото разпространение.

Литература:

1. Емилия Георгиева, Елена Христова, Татяна Спасова, Севдалина Войнова, Справочник за замърсяването на въздуха за различни заинтересовани страни, Декември 2020, Urban Innovative Actions, Les Arcuriales, 45D rue de Tournai, F59000 Lille, France www.uia-initiative.eu, https://innoair-sofia.eu/images/documents/documents-bg/D413-Guidebook_BG-publ.pdf
2. План за действие на ЕС: „Към нулево замърсяване на въздуха, водата и почвата“, {SWD(2021) 140 final} – {SWD(2021) 141 final} – <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/BG/TXT/HTML/?uri=CELEX:52021DC0400>
3. Столична община, Национална автоматизирана система за контрол качеството на атмосферния въздух - <https://airmon.sofia.bg/>
4. КАВ - <https://www.eea.government.bg/kav/>
5. European Air Quality Portal – <https://discomap.eea.europa.eu/Map/UTDViewer/UTDViewer/>
6. Tropospheric Emission Monitoring Internet Service – TEMIS - <https://www.temis.nl/>
7. Murat Bakirci, Smart city air quality management through leveraging drones for precision monitoring, Sustainable Cities and Society, Volume 106, 2024, 105390, ISSN 2210-6707, <https://doi.org/10.1016/j.scs.2024.105390>, https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S221067072400218X?casa_token=Za--jC1pdhgAAAAA:Qj3pj2ZAH_sfceJ2Q_h_IHlg8u46rO_r_LADXiUc2EWE9R3ZWT9Q1WcnERdFrH8y1i-k9zQ
8. Godall Rohi, O'tega Ejofodomi, Godswill Ofualagba, Autonomous monitoring, analysis, and countering of air pollution using environmental drones, Heliyon A Cell Press Journal, Volume 6, Issue 1, e03252 January 2020, Open access, [https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440\(20\)30097-9#fig1](https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440(20)30097-9#fig1)
9. Pochwała, S.; Gardecki, A.; Lewandowski, P.; Somogyi, V.; Anweiler, S. Developing of Low-Cost Air Pollution Sensor—Measurements with the Unmanned Aerial Vehicles in Poland. *Sensors* 2020, 20, 3582. <https://doi.org/10.3390/s20123582>, <https://www.mdpi.com/1424-8220/20/12/3582>
10. Nima Afshar-Mohajer, Chang-Yu Wu, Use of a drone-based sensor as a field-ready technique for short-term concentration mapping of air pollutants: A modeling study, *Atmospheric Environment*, Volume 294, 2023, 119476, ISSN 1352-2310, <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2022.119476>, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1352231022005416>