

## ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ВОЗДУХА В ПРИЗЕМНЫХ СЛОЯХ АТМОСФЕРЫ

Таджибаева Д. М.<sup>1</sup>, Абдиев Р. А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Таджибаева Дильфуза Музаффаровна – студент бакалавр;

<sup>2</sup>Абдиев Руслан Алексеевич – студент бакалавр,  
кафедра «Электро- и теплоэнергетика»,

Филиал «Национальный Исследовательский Ядерный Университет «МИФИ» в городе Ташкенте,  
г. Ташкент, Республика Узбекистан

**Аннотация:** в статье рассматривается проблема выброса вредных частиц – загрязнителей PM<sub>2.5</sub> и PM<sub>10</sub> в атмосферу. Определяются возможности для анализа воздуха с помощью датчиков этих частиц, установленных на различных летательных аппаратах, которые позволят оценивать его состояние, наличие в нём опасных для здоровья частиц, и впоследствии определение их источника. Рассмотрен вопрос актуальности и целесообразности мониторинга концентрации этих частиц в зависимости от высоты, времени и места. Данные параметры необходимо комплексно использовать и учитывать для получения точных и корректных данных.

**Ключевые слова:** взвешенные частицы, наноспутник, загрязненность воздуха, Unisat, PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, атмосфера, мониторинг воздуха, БПЛА.

## FEATURES OF AIR QUALITY ASSESSMENT IN THE SURFACE LAYERS OF THE ATMOSPHERE

Tadjibaeva D. M.<sup>1</sup>, Abdiev R. A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Tadjibaeva Dilfuza Muzaffarovna – bachelor student,

<sup>2</sup>Abdiev Ruslan Alekseevich – bachelor student,

ELECTRICAL AND THERMAL ENGINEERING DEPARTMENT,

BRANCH OF NATIONAL RESEARCH NUCLEAR UNIVERSITY MEPhI IN TASHKENT,  
TASHKENT REPUBLIC OF UZBEKISTAN

**Abstract:** the article deals with the problem of emission of harmful particles – pollutants PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub> into the atmosphere. The possibilities for analyzing the air with the help of sensors of these particles installed on various aircraft are determined, which will allow assessing its condition, the presence of particles dangerous to health in it, and subsequently determining their source. The issue of relevance and expediency of monitoring the concentration of these particles depending on altitude, time and place is considered. These parameters must be comprehensively used and taken into account to obtain accurate and correct data.

**Keywords:** suspended particles, nanosatellite, air pollution, Unisat, PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, atmosphere, air monitoring, UAV.

УДК 551.510.42

**Введение.** Атмосферный воздух является важным и незаменимым природным ресурсом биосферы. Значительной экологической угрозой её функционирования является рост загрязнённости воздуха, который является прямым результатом технологического и промышленного развития современного мира [1].

Система борьбы с экологическими угрозами должна представлять собой совокупность специальных средств и методов, с помощью которых возможно планирование и осуществление рациональной стратегии, применяемой в реальных условиях. Важно отметить, что обеспечение экологической безопасности не может быть однократным действием. Это постоянный процесс, включающий в себя разработку и осуществление способов и путей модернизации системы защиты и, самое главное, непрерывном контроле ее состояния, выявления ее слабых мест.

Данная статья рассматривает проблему выбросов вредных частиц в атмосферу, поэтому анализ загрязнённости воздуха является важной составной частью работы по этой по решению этой проблемы. Так, этот анализ позволяет оценивать состояние воздуха, наличие в нём опасных для здоровья частиц, и впоследствии определение их источника. Далее, на основе такого мониторинга можно продумывать дальнейшие шаги по уменьшению концентрации вредных веществ в атмосфере [2].

В Узбекистане уже было проведено небольшое исследование, позволившее количественно оценить наличие определенных воздушных загрязнителей. Данный проект был осуществлен в рамках образовательной программы UniSat, созданной UNICEF, ННО Tech4Impact и Министерством инновационного развития Республики Узбекистан для привлечения представительниц женского пола в

STEM - науки и космическую сферу. Командой, состоящей из 20 девушек, в составе которой был и автор данной статьи, был проделан анализ, заключающийся в исследовании уровня загрязненности воздуха в Навоийской области взвешенными частицами (от англ. particulate matters (PM) – «взвешенные частицы») [3].

Взвешенные частицы  $PM_{2.5}$  и  $PM_{10}$  – это смесь твердых и жидких частиц, которые присутствуют в воздухе во взвешенном состоянии. Опасность для здоровья человека они представляют из-за своих размеров: их диаметр составляет менее 2.5 и 10 микрон соответственно, что обеспечивает их глубокое проникновение в дыхательные пути и легкие, где они и оседают. Всемирной организацией здравоохранения было установлено, что хроническое воздействие этих частиц вызывает ряд различных сердечно-сосудистых и респираторных заболеваний, рак легких и в ряде случаев преждевременную смерть [4].

**Материалы и методы исследования.** Для осуществления вышеупомянутого исследования был использован наноспутник стандарта CubeSat, запуск которого позволил собрать и обработать полученные им данные. Предварительно наноспутник был оснащён датчиками влажности, давления, GPS, температуры, а также гироскопом, акселерометром и датчиком частиц  $PM_{2.5}$  и  $PM_{10}$ . В данной статье нас будут интересовать показания датчика этих частиц. Для проведения исследования был выбран анализатор качества воздуха «Nova PM Sensor SDS011». Полет был осуществлен за счёт гелиевого шара на максимальную высоту около 12 км. По мере преодоления высоты газ, наполняющий шар, постепенно расширяется вследствие уменьшения атмосферного давления. Это приводит к растягиванию оболочки шара, которая в итоге лопается. Для извлечения данных с датчиков было необходимо безопасно приземлить наноспутник. С этой целью к нему был прикреплен парашют с помощью тонких веревок и пластмассового круга. Полученные результаты были статистически обработаны с помощью программы Microsoft Office Excel [5].



*Рис. 1. CubeSat.*

**Результаты исследования.** В результате проведенных исследований мы получили следующие результаты: в пределах 1 км средний уровень  $PM_{2.5}$  составляет  $7.3 \text{ мкг/м}^3$ , и согласно европейскому индексу качества воздуха данный показатель определен как «очень хороший». Для  $PM_{10}$  в пределах 1 км показатель исследований составляет  $29.82 \text{ мкг/м}^3$ , который определен согласно вышеупомянутому индексу как «хороший» [4, 5].

Данные, полученные на высоте выше 1 км, автором не рассматриваются вследствие абсурдности показателей датчиков на такой высоте. Предполагается, что данная неточность была вызвана низкой температурой, на которую датчик не был рассчитан, так как она не входила в диапазон рабочих температур датчика.

**Обсуждение.** На взгляд авторов следует учитывать, что данные были получены не в городских условиях, что может послужить возможной причиной низкой величины концентраций  $PM_{2.5}$  и  $PM_{10}$ . Также важно отметить, что представленный анализ был проведён летом. В летний сезон выпадает много осадков, которые осаждают мелкие частицы. В зимний период, для которого характерно слабое рассеивание воздушных загрязнителей, данный показатель будет максимальный. Третьим фактором, способствовавшим удовлетворительным результатам, по мнению авторов, является измерение концентрации частиц на большой высоте. Основным источником загрязнения воздуха является, в первую очередь городская среда и промышленные агломерации [2]. Более актуально будет изучение концентрации вредных веществ в приземном слое атмосферы на высоте от 50 до 100 м.

Применение наноспутника и используемой командой UniSat летательной конструкции малоэффективно для мониторинга загрязнённости воздуха, поскольку, во-первых, актуален анализ приземного слоя атмосферы. Во-вторых, невозможен контроль и управление траекторией полета и приземления такой конструкции, поэтому автором статьи предлагаются дистанционно управляемые БПЛА.

На наш взгляд, целесообразнее для мониторинга состояния воздуха представляется использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) с размещённым на них достаточным измерительным оборудованием. Проблема загрязнения воздушных масс особенно в крупных городах, в частности Ташкента, одна из актуальных, когда бывает трудно определить непосредственный источник загрязнения. Управляемые дроны помогают приблизить химический анализ из лабораторий непосредственно к источнику, то есть позволяют получать данные локального характера в реальном времени. Благодаря удалённому доступу к датчику для отслеживания его показателей, будет возможным с лёгкостью определить, над какими объектами показатель воздушных загрязнителей выше или ниже.

**Выводы.** По результатам измерений получены удовлетворительные показатели концентрации мелкодисперсных частиц  $PM_{2.5}$  и  $PM_{10}$ , не превышающие допустимых значений, установленных ВОЗ. Озвучены возможные факторы, повлиявшие на полученные результаты. Был сделан вывод, что для анализа уровня загрязнённости воздуха более рационально будет применять беспилотные летательные аппараты дистанционного управления, на которые будут размещены датчики с возможностью удалённого отслеживания показателей датчиков. На наш взгляд, в современных условиях важным представляется не просто определение уровня загрязнённости, но и источника (мобильного или стационарного) загрязнения в его динамике по времени, месту, высоте.

Таким образом, точность информации, возможность её сопоставительного анализа может быть обеспечена лишь при комплексном использовании всех имеющихся средств контроля на разных высотах, в разные временные промежутки, анализирующие данные с разных площадей охвата.

#### *Список литературы/ References*

1. *М.В. Гальперин.* Общая экология. Учебник. – М.: Форум, Инфра-М, 2015. – 236 с.
2. *А.Н. Голицын.* Промышленная экология и мониторинг загрязнения природной среды. – М.: Оникс, 2010. – 336 с.
3. Запуск наноспутника UniSat 2.0 — Launch your dreams — 2021© [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://unisat.uz/> (дата обращения: 27.11.2022)
4. © 2022 WHO [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://www.who.int/ru/news-room/factsheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/ru/news-room/factsheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health) (дата обращения: 27.11.2022)
5. UniSat Educational Mission: Measurements of Pollution in the Stratosphere with CubeSat and High-Altitude Balloon Flight // Запуск наноспутника UniSat 2.0 — Launch your dreams — 2021© [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://unisat.uz/wp-content/uploads/2022/08/unisat\\_v1.pdf](https://unisat.uz/wp-content/uploads/2022/08/unisat_v1.pdf) (дата обращения: 27.11.2022)