

## Применение дронов для решения задач химического анализа

Косырев Д. А.<sup>1</sup>, Савельев Д. А.<sup>2</sup>, Маненков Н. А.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Кафедра неорганической химии

<sup>2</sup> Кафедра коллоидной химии

<sup>3</sup> Кафедра медицинской химии

Химический анализ является многостадийным процессом, который, помимо всего прочего, включает в себя пробоотбор и транспортировку проб. Очень часто эти два этапа занимают больше времени, чем непосредственно сам анализ, а также, в ряде случаев, они сопряжены с риском для здоровья оператора. Решением данной проблемы может являться разработка компактных аналитических приборов для проведения внелабораторного анализа, а также использование управляемых роботизированных систем (дронов) с установленным на них аналитическим оборудованием.

Целью нашей работы был анализ актуальной научной литературы для изучения потенциала применения дронов в интересах аналитической химии.

На сегодняшний день, отсутствует чёткое определение категории «дрон», что не позволяет разделить или объединить воздушные, наземные и водные беспилотники. В связи с этим нами были рассмотрены не только беспилотные летательные аппараты (БПЛА), но также и другие роботизированные системы.

Согласно литературным данным, использование дронов для мониторинга загрязнителей воздуха (таких, как NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, O<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S) позволяет проводить как вертикальные, так и горизонтальные измерения, стоимость которых значительно ниже по сравнению с применением пилотируемых самолётов, дирижаблей или аэростатов [1], [2]. Помимо этого, траверсные исследования БПЛА позволяют получить анализы из полного объёма воздушного шлейфа по обе стороны от его краёв, уменьшить радиационные эффекты, которые влияют на спектральные анализаторы, а также исключить влияние наземных помех на анализ [3]. Дроны также являются отличной платформой для зондирования вулканических шлейфов, поскольку они могут доставлять детекторы газа и пробоотборники непосредственно в шлейф, сводя к минимуму риск для людей [1], [3].

Комбинирование дронов и искусственного интеллекта позволяет создать полностью автономный «рой» из дронов, который способен мониторить физико-химические показатели в водоёмах без использования операторов, основываясь на запросе, который отправляет заказчик. Такие системы позволяют проводить экологический мониторинг без участия специалистов [4].

Таким образом, применение дронов в целях аналитической химии позволяет повысить скорость и качество анализов, снизить риски при проведении пробоотбора и даже полностью отказаться от операторов и специалистов. Однако применение БПЛА во многих странах осложняется строгим законодательством и повышенным контролем за воздушным пространством, что делает их менее привлекательными для применения. Помимо этого, все роботизированные системы склонны к логическим ошибкам в коде и сбоям, что может приводить к большим ошибкам в результатах анализов, чем человеческий фактор.

- [1] J. Burgués и S. Marco, «Environmental chemical sensing using small drones: A review», *Science of The Total Environment*, т. 748, с. 141172, дек. 2020, doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.141172, IF 9,8.
- [2] V. G. Leal, H. A. Silva-Neto, S. G. da Silva, W. K. T. Coltro, и J. F. da S. Petrucci, «AirQuality Lab-on-a-Drone: A Low-Cost 3D-Printed Analytical IoT Platform for Vertical Monitoring of Gaseous H<sub>2</sub>S», *Anal Chem*, т. 95, вып. 38, сс. 14350–14356, сен. 2023, doi: 10.1021/acs.analchem.3c02719, IF 7,4.
- [3] E. J. Liu и др., «Aerial strategies advance volcanic gas measurements at inaccessible, strongly degassing volcanoes», *Sci Adv*, т. 6, вып. 44, окт. 2020, doi: 10.1126/sciadv.abb9103, IF 13,6.
- [4] I. Berman и др., «Trustable Environmental Monitoring by Means of Sensors Networks on Swarming Autonomous Marine Vessels and Distributed Ledger Technology», *Front Robot AI*, т. 7, с. 515978, май 2020, doi: 10.3389/frobt.2020.00070, IF 3,6.