
АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ ЛЕТУЧИХ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ ПРИДОРОЖНОГО ПРОСТРАНСТВА АСТАНЫ

К.С. Мейрамкулова, Д.В. Чекушева

Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева
ул. Сатпаева, 2, Астана, Казахстан, 010000

В работе представлены результаты хроматографического анализа атмосферного воздуха города Астаны. Наибольшие концентрации идентифицированных летучих органических соединений наблюдаются в районах интенсивного движения автотранспорта. Полученные данные служат научной основой для принятия практических рекомендаций по ассортименту зеленых насаждений, устойчивых к воздействию токсичных составляющих выхлопных газов.

Ключевые слова: атмосферный воздух, автотранспорт, летучие органические соединения (ЛОС), газовая хроматография (ГХ), выхлопные газы, двигатели внутреннего сгорания

Основным недостатком любого крупного города является загрязненность атмосферы и транспортный шум [3]. С переносом столицы Казахстана в Астану город стремительно меняется и всесторонне развивается. Строятся новые здания, развлекательные и культурные центры, растет численность населения города, и вместе с этим увеличивается количество транспортных средств. Вклад автотранспорта в общее загрязнение атмосферы составляет 40—50% [2]. Выхлопные газы накапливаются в приземном слое атмосферы (до 2 м), представляя опасность для здоровья населения [4].

Главная причина загрязнения автотранспортом кроется в неравномерном и неполном сгорании топлива. На движение автомобиля приходится всего 15%, остальные 85% попадают в атмосферный воздух. Камеры сгорания двигателя автомобиля синтезируют ядовитые вещества. Даже атмосферный азот при попадании в камеру сгорания трансформируется в токсичные окислы азота. В выхлопных газах двигателей внутреннего сгорания содержится более 170 вредных компонентов, 160 из которых — производные углеводородов. Состав выхлопных газов зависит от рода применяемого топлива, присадок и масел, режима работы двигателя, его технического состояния, условий движения автомобиля. Крупные частицы отработавших газов (диаметром больше 1 мкм) оседают на поверхности почвы и растений, аккумулируются в верхнем слое почвы. Мелкие частицы (диаметром меньше 1 мкм), образуя аэрозоли, переносятся воздушными массами на большие расстояния [4]. Выбрасываемые в атмосферный воздух газы и аэрозоли обладают высокой реакционной способностью; возникающие при сгорании топлива пыль и сажа могут проникнуть в организм человека через органы дыхания [2].

Присутствие углеводородов в выхлопных газах автомобилей объясняется неоднородностью смеси в камерах сгорания, у стенок которых происходит гашение пламени и обрыв цепных реакций. Пары бензина также являются токсичными

углеводородами. Их содержание увеличивается при дросселировании, работе двигателя в режимах принудительного холостого хода. При этом ухудшается перемешивание топливовоздушного заряда, снижается скорость сгорания, возникают пропуски, как следствие ухудшения воспламенения. Углеводородные соединения, обладая отравляющими свойствами, воздействуют на центральную нервную систему, вызывают раздражение слизистых оболочек, представляют угрозу нормальному развитию растений и животных, способствуют образованию смога. Высокотоксичные летучие органические соединения, включающие широкий перечень кетонов, альдегидов, спиртов, ароматических углеводородов, в настоящий момент наименее изучены [1].

Целью исследования является определение содержания летучих органических веществ (ЛОС) в составе атмосферного воздуха придорожного пространства города Астаны.

Анализ воздействия ЛОС на компоненты окружающей природной среды города, выявление ландшафтно-геохимических закономерностей их миграции позволит предложить ассортимент зеленых насаждений, устойчивых к загрязнению придорожного пространства. Разработка указанных мероприятий будет способствовать устранению антропогенных негативных воздействий на окружающую среду. Оздоровление воздушного пространства столицы благоприятно отразится на медико-биологической составляющей устойчивого развития страны.

Материалы и методы исследования

Для исследования было отобрано 16 проб воздуха на восьми точках города Астаны; координаты точек отбора проб представлены в табл. 1. Отбор проб воздуха осуществлялся в вials объемом 20 мл (НТА, Италия) с обжимными алюминиевыми крышками и ультратонкими прокладками из тефлона/силикона (Sun-Sri, США).

Таблица 1

Координаты точек отбора проб воздуха

Точка отбора	СШ	ВД
1	51,127472	71,402679
2	51,156883	71,435837
3	51,1475475	71,4096848
4	51,158012	71,441788
5	51,177021	71,426491
6	51,193398	71,412109
7	51,150105	71,425301
8	51,1335011	71,4190346

Идентификация исследуемых загрязнителей в пробах воздуха проводилась методом газовой хроматографии в сочетании с масс-спектрометрическим детектированием (ГХ-МС). По завершении анализа в режиме сканирования ионов его повторяли в режиме мониторинга выбранных ионов (молекулярные ионы потенциальных аналитов 78, 91, 106 а.е.м.). Калибровка масс-спектрометрического детектора осуществлялась методом твердофазной микроэкстракции (ТФМЭ). Приготовление калибровочного раствора осуществлялось с добавлением мета-

нола в три этапа. Все подготовленные стандартные образцы были приготовлены и проанализированы в трех параллелях.

Погодные условия при проведении отбора воздуха:

- температура воздуха — 8–10 °С,
- переменная облачность,
- давление — 736 мм рт. ст.,
- скорость ветра — 36 м/с, западный,
- время отбора проб — с 11:00 до 15:00.

Результаты и их обсуждение

В исследованных образцах воздуха, отобранных на восьми точках г. Астаны, были обнаружены такие соединения как 2-метил гексадекан, тетрадекан, 2-метил додекан и нонаналь. Результаты скрининговых исследований приведены в табл. 2.

Таблица 2

Идентифицированные соединения в образцах воздуха

Соединение	Время удерживания, мин.	Точка отбора							
		1	2	3	4	5	6	7	8
		Площадь пика, а.е. $\times 10^{-3}$							
2-метил гексадекан	22,8	н/о	н/о	н/о	55	104	83	н/о	н/о
Тетрадекан	24,4	н/о	н/о	н/о	н/о	133	99	н/о	н/о
2-метил додекан	24,4	26	18	н/о	91	н/о	н/о	н/о	н/о
Нонаналь	24,8	29	н/о	н/о	105	192	104	359	184

Примечание: н/о — не обнаружено.

Полученные хроматограммы в режиме выбранных ионов были проинтегрированы для определения площадей пиков. Наиболее высокотоксичными составляющими выхлопных газов автомобилей являются бензол, толуол, этилбензол и о-ксилол (БТЭК). Соединения БТЭК были идентифицированы с помощью индивидуальных времен удерживания и ионным спектрам. Полученные калибровочные графики были линейными, концентрации стандартных добавок были в диапазоне 20—200 мкг/м³ для бензола и толуола и 2—20 мкг/м³ для этилбензола и о-ксилола с коэффициентами корреляции $R^2 > 0,99$ (табл. 3).

Таблица 3

Результаты калибровки ГХ-МС

Аналит	Время удерживания, мин.	Диапазон концентраций, мкг/м ³	R^2	Отрезок, отсекаемый на оси Y	Тангенс угла наклона, $\times 10^{-3}$, м ³ /мкг
Бензол	8,7	20-200	0,9937	300	8,5
Толуол	9,9	20-200	0,9952	900	4,0
Этилбензол	11,1	2-20	0,9909	100	3,0
о-Ксилол	11,9	2-20	0,9943	140	9,5

Хроматограммы проб воздуха обеспечивали высокую эффективность разделения пиков аналитов (рисунок). Концентрации бензола, толуола, этилбензола и о-ксилола находились в диапазоне от 5 до 20, от 6 до 40, от 3 до 36 и от 7 до 54 мкг/м³, соответственно (табл. 4).

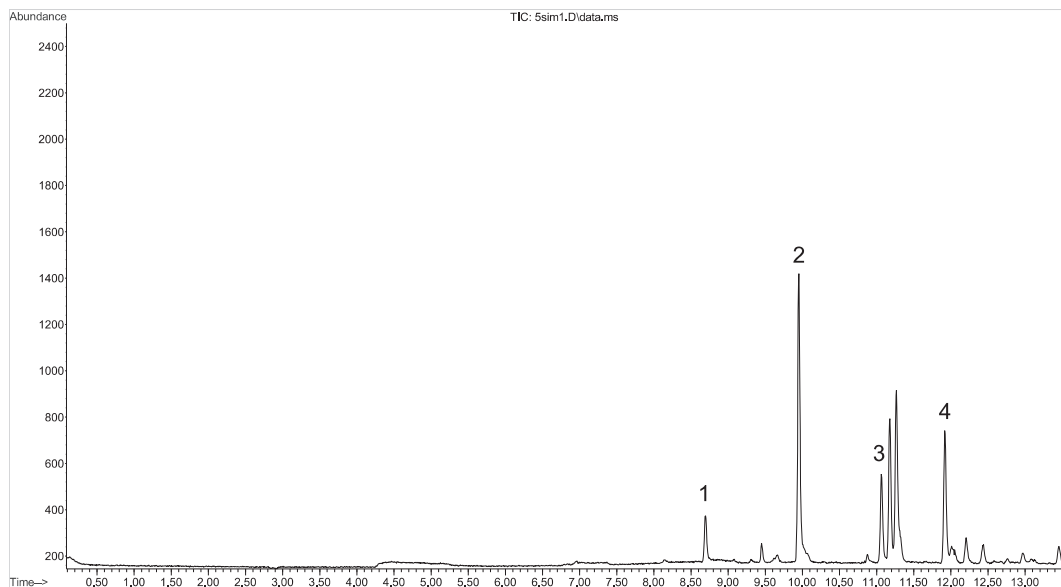


Рис. Хроматограмма пробы воздуха, отобранная в точке № 1:
 пики: 1 — бензол (5 мкг/м³), 2 — толуол (6 мкг/м³),
 3 — этилбензол (4 мкг/м³), 4 — о-ксилол (9 мкг/м³)

Таблица 4

Концентрации аналитов в пробах воздуха

Точка отбора	Концентрация, мкг/м ³			
	Бензол	Толуол	Этилбензол	о-Ксилол
1	5±0,04	6±0,3	3±0,1	8±1
2	5±0,7	6±0,7	3±0,3	7±0,9
3	16±0,3	7±0,1	4±0,4	7±0,8
4	10±0,1	15±0,6	9±2	17±0,6
5	19±4	35±7	27±6	41±10
6	20±2	40±5	36±6	54±9
7	12±3	18±3	10±0,8	22±2
8	12±0,04	19±0,06	12±0,9	24±3

Наименьшие концентрации аналитов наблюдались в слабозастроенных районах города, наибольшие — в районах интенсивного движения транспортных средств (проба № 6 — район автовокзала г. Астаны, проба № 5 — проспект Богенбай батыра). В этих же районах зафиксировано превышение максимально разовых предельно-допустимых концентраций для этилбензола (ПДК_{м.р} = 0,02 мг/м³).

Таким образом, можно заключить, что концентрации летучих органических соединений в атмосферном воздухе придорожного пространства непосредственно связаны с интенсивностью движения автотранспорта в городе. Для разработки мероприятий по минимизации негативного воздействия ЛОС на компоненты среды и здоровье населения, необходимо дальнейшее изучение закономерностей эколого-геохимической миграции веществ в почве, растениях, грунтовых водах.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Выхлопные газы, их состав и действие на организм человека. URL: http://www.studiplom.ru/Technology-DVS/Exhaust_gases.html
- [2] Двигатели внутреннего сгорания. URL: <http://ru-ecology.info/term/77105/>
- [3] Тишкин С.А. Оценка влияния вредных выбросов грузового автотранспорта на экологическую обстановку в районе его действия: автореф. дисс. ... канд. техн. наук. М., 2012.
- [4] Цыплакова Е. Приборы и методы контроля и мониторинга воздействия автотранспорта на окружающую среду северных городов: автореф. дисс. ... д-ра техн. наук. Санкт-Петербург, 2014.

THE ANALYSIS OF AIR POLLUTION BY VOLATILE ORGANIC COMPOUNDS IN THE ROADSIDE SPACE OF ASTANA CITY

K.S. Meiramkulova, D.V. Chekusheva

L.N. Gumilev Eurasian National University
Satpaev str., 2, Astana, Kazakhstan, 010000

The main ecological problem in each city is the atmospheric pollution and traffic noise. Since 1998 the city, after the capital of Kazakhstan was moved from Almaty to Astana, begun to grow rapidly. New buildings, entertainment and cultural centers are being built; the number of vehicles increases. Exhaust gases accumulate in the surface layer of the atmosphere, representing risk to human health. Currently, studies of roadside pollution in Astana are limited to heavy metals. While the need to consider other pollutants, such as volatile organic compounds (about 150 priority pollutants), is becoming more popular. The aim of thesis is the identification and quantification of major volatile organic exhaust substances in the atmosphere of the city. Identification of contaminants in the air samples was carried out by gas chromatography with mass spectrometric detection. Concentrations of substances increased in direct proportion to the intensity of vehicular traffic. The highest concentration of identified volatile organic compounds observed in central city areas. The received data analysis is the scientific basis for the practical recommendations in assortment of green spaces, resistant to exposure to toxic components of traffic fumes. Improvement of the capital air space will benefit the biomedical dimension of sustainable development.

Key words: atmospheric air, vehicles, volatile organic compounds (VOC), gas chromatography (GC), traffic fumes, internal combustion engines

REFERENCES

- [1] Vyihlopnnye gazyi, ih sostav i deystvie na organizm cheloveka [Exhaust gases, their composition and effects on the human body]. Available at: http://www.studiplom.ru/Technology-DVS/Exhaust_gases.html
- [2] Dvigateli vnutrennego sgoraniya [Internal combustion engines]. Available at: <http://ru-ecology.info/term/77105/>
- [3] Tishkin S.A. Otsenka vliyaniya vrednyih vyibrosov gruzovogo avtotransporta na ekologicheskuyu obstanovku v rayone ego deystviya: Diss. ... kand. tehn. nauk [Environmental impact assessment from freight transport its area of action. Cand. techn.sci. diss.]. Moscow, 2012. 37 p.

- [4] Tsyiplakova E. Pribory i metody kontrolya i monitoringa vozdeystviya avtotransporta na okruzhayuschuyu sredu severnyih gorodov: Avtoref. diss. ... dokt. tehn. nauk [Methods of control and monitoring vehicle impact on the environment of the northern cities. Synop. diss. Dr. techn. sci.]. St. Petersburg, 2014. 4 p.