



DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-4-419-430

УДК 550.42

## Оценка влияния автотранспорта на территорию кампуса Российского университета дружбы народов

Д.В. Боева, А.П. Хаустов

Российский университет дружбы народов  
Российская Федерация, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6

В статье отражены результаты исследования, проведенного в рамках проекта «Зеленый кампус», организованного экологическим факультетом Российского университета дружбы народов (РУДН) с целью мониторинга и получения подробной информации о техногенной нагрузке на территорию кампуса РУДН. Приведены данные круглогодичных наблюдений за территорией, которые позволили установить изменчивость техногенной нагрузки от автотранспорта в зависимости от сезонов года. Представлено обоснование инструментального и расчетного методов оценки влияния автотранспорта, а также их сравнение друг с другом. По итогам исследования отстроены диаграммы и карты с определением приоритетных веществ, вносящих наибольший вклад в загрязнение атмосферы.

**Ключевые слова:** влияние автотранспорта; кампус; экологический мониторинг; расчет выбросов; предельно допустимая концентрация вредных веществ; валовый выброс; отбор проб

### Введение

Объектом исследования является территория кампуса Российского университета дружбы народов (РУДН). За счет различной интенсивности потоков транспорта модуль техногенной нагрузки не только меняется во времени и пространстве, но и постоянно возрастает, что приводит к ухудшению экологического состояния объекта. Территория располагается в Обручевском районе Юго-Западного административного округа Москвы. Площадь территории составляет 1,44 км<sup>2</sup>, или 144 Га.

Территория благоустроена, благополучное состояние растительности поддерживается службой озеленения РУДН. Проблема заключается в том, что городские службы мониторинга не позволяют получить достаточно детальную информацию об объеме техногенных нагрузок, которые испытывает территория университета. В этой связи необходимо изучение территории для решения задач по поддержанию ее благополучного экологического состояния.

© Боева Д.В., Хаустов А.П., 2018



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Техногенная нагрузка создается преимущественно транспортными потоками улицы Миклухо-Маклая и Ленинского проспекта. Движение по двум другим магистралям — улицам Саморы Машела и Обручева менее интенсивно.

Установлено, что один легковой автомобиль ежегодно поглощает из атмосферы в среднем более 4 т кислорода, выбрасывая с отработавшими газами примерно 800 кг окиси углерода, около 40 кг окислов азота и почти 200 кг различных углеводородов. В крупных городах на магистральных улицах сосредотачивается до 3/4 всего автомобильного движения, а это означает, что магистрали загружены в 10 раз больше, чем остальные улицы.

При эксплуатации транспорта образуется огромное количество вредных веществ, в том числе продукты трения автошин об асфальт. В некоторых случаях из шин выделяется больше канцерогенных веществ, чем от отработавших газов двигателя [5]. Большой частью это продукты разложения каучуков, за ними следуют полициклические ароматические углеводороды — весьма реакционноспособные и опасные для человека соединения (бензол, ксилол, алифатические амины, формальдегиды и т.д.).

Цель настоящей работы — оценка влияния выбросов автотранспорта на территорию кампуса РУДН.

### **Материалы и методы**

Оценка проводилась на основе построения моделей рассеивания примесей газов, содержащихся в выхлопах, и многократных замеров концентраций углеводородов и других соединений в воздухе на территории кампуса [2; 3].

### **Результаты и обсуждение**

Приоритетными веществами, загрязняющими атмосферу от подвижных источников, являются оксиды азота, углеводороды, сажа, углерода оксиды, диоксид серы [3].

Наибольшее количество загрязняющих веществ выбрасывается при разгоне автомобиля, особенно при быстром, а также при движении с малой скоростью. Относительная доля углеводородов и оксида углерода наиболее высока в момент торможения и на холостом ходу, доля оксидов азота — при разгоне. Следовательно, наибольшее загрязнение происходит при торможении, частых остановках и езде на малых скоростях. Именно такая ситуация типична для рассматриваемой территории, находящейся в зоне действия светофоров и остановок общественного транспорта.

Данные об интенсивности, количестве автомобилей, их типах были предоставлены Центром организации дорожного движения Правительства Москвы с 3-х камер наблюдения. Суммарная оценка загруженности улицы автотранспортом определяется согласно ГОСТ 17.2.2.03—77. Учитываются следующие параметры. Оценка интенсивности движения: низшая — 2,7—3,6 тыс. автомобилей в сутки, средняя — 8—17 тыс., высокая — 18—27 тыс. (магистральная улица и дорога с близлежащей многоэтажной застройкой с двух сторон); скорость ветра 4 м/с; от-

носительная влажность воздуха 65 %; расчетная интенсивность движения автомобилей в обоих направлениях — 820 автомобилей в час и 19 320 за сутки. Состав движения по камерам наблюдений за двухмесячный период приведен в табл. 1.

Таблица 1

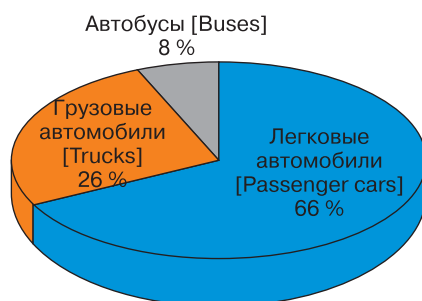
**Исходные данные на рассматриваемом участке за двухмесячный период**

Тип автотранспортного средства	Количество автомобилей		Одновременность
	среднее в течение суток	максимальное за 1 час	
Легковой автомобиль, объем 1,8—3,5 л, инж., бензин	12 728	447	+
Грузовой автомобиль, г/п от 8 до 16 т, дизель	5056	169	+
Автобус, большой, дизель	1080	45	+
Автобус, малый, инж., бензин	456	19	+

Table 1

**Traffic on the analyzed area for a two-month period**

Type of vehicle	Number of cars		Simultaneity
	average during the day	maximum for 1 hour	
Passenger car, engine capacity 1,8—3,5 l, injector engine, petrol	12 728	447	+
Truck, from 8 to 16 tons, diesel	5056	169	+
Big bus, diesel	1080	45	+
Small bus, injector engine, petrol	456	19	+



**Рис. 1.** Интенсивность транспортного потока на ул. Миклухо-Маклая  
[Figure 1. The intensity of the traffic on the Miklukho-Maklaya Street]

Всего за сутки по анализируемому участку дороги (ул. Миклухо-Маклая) проходит 19 320 автомобилей. Согласно ГОСТ 17.2.3.01—86 (Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов) данный отрезок улицы является участком с высокой интенсивностью движения. Около 65 % в этом потоке занимают легковые автомобили; 26 % — грузовые; 7,8 % — автобусы (рис. 1).

Метеорологические характеристики задавались с учетом неблагоприятных метеорологических условий по среднегодовым данным близлежащей метеостанции Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова и другой справочной информации (табл. 2).

Таблица 2

**Метеорологические характеристики и коэффициенты, определяющие условия рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере Москвы**

Метеорологические характеристики	Коэффициенты
Коэффициент А, зависящий от температурной стратификации атмосферы	140
Коэффициент рельефа местности	1
Средняя максимальная температура наружного воздуха наиболее жаркого месяца года, °С	25,3
Средняя температура воздуха наиболее холодного месяца года	-10,7
Среднегодовая роза ветров, %:	
С	8
СВ	8
В	9
ЮВ	10
Ю	15
ЮЗ	24
З	15
СЗ	11
Скорость ветра $U^*$ (м/с), повторяемость превышения которой (по средним многолетним данным) не больше 5 %	6

Table 2

**Meteorological characteristics and coefficients determining the conditions of dispersion of pollutants in the atmosphere of Moscow**

Meteorological characteristics	Coefficients
Coefficient A, depending on the temperature stratification of the atmosphere	140
The coefficient of the terrain	1
The average maximum outdoor temperature of the hottest month of the year, °C	25.3
The average temperature of the coldest month of the year	-10.7
Average annual wind rose, %:	
N	8
NE	8
E	9
SE	10
S	15
SW	24
W	15
NW	11
Wind speed $U^*$ (m/s), the frequency of exceeding which (according to the average long-term data) is not more than 5 %	6

Оценка проводилась для теплого периода с помощью унифицированной программы для ЭВМ — УПРЗА «Эколог» 4.75. Для всех рассматриваемых веществ и групп их суммации расчеты производились в прямоугольной области, охватывающей территорию кампуса РУДН. Расчетные точки располагались в разных условно поделенных зонах кампуса: учебной, жилой, фоновой (лес) и т.д.

В каждой расчетной точке рассчитывалась максимальная по величине скорости и направлению ветра концентрация примеси. При расчетах производился перебор направлений и скоростей ветра в соответствии с требованиями методики по алгоритму уточненного перебора скоростей ветра, заложенному в программу «Эколог». Шаг по углу перебора направлений ветра принимался равным 1°. Было выбрано 7 контрольных точек, расположение которых отражено на картах.

Расчет выбросов автотранспорта проводился в модуле «Автотранспортное предприятие» программы «ЭКОцентр». Источниками выделений загрязняющих веществ являлись двигатели автомобилей, перемещающихся по улице Миклухо-Маклая.

Таблица 3

**Объемы загрязняющих веществ,  
выбрасываемых в атмосферу автотранспортом на ул. Миклухо-Маклая**

Загрязняющее вещество		Исполь- зуемый критерий	Значение критерия, мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности	Суммарный выброс вещества	
код	наименование				г/с	т/год
0301	Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	ПДК м/р	0,20000	3	0,9494364	4,712628
0304	Азот (II) оксид (Азота оксид)	ПДК м/р	0,40000	3	0,0242834	0,765802
0328	Углерод (Сажа)	ПДК м/р	0,15000	3	0,0095111	0,299942
0330	Сера диоксид (Ангидрид сернистый)	ПДК м/р	0,50000	3	0,0291847	0,920368
0337	Углерод оксид	ПДК м/р	5,00000	4	1,6109333	50,802394
2704	Бензин (нефтяной, малосернистый) (в пересчете на углерод)	ПДК м/р	5,00000	4	0,1773111	5,591683
2732	Керосин	ОБУВ	1,20000		0,0332889	1,049798
Всего веществ: 7					2,8339489	64,142615
в том числе твердых: 1					0,0095111	0,299942
жидких/газообразных: 6					2,8244378	63,842673
Группы веществ, обладающих эффектом комбинированного вредного действия:						
6204	(2) 301 330					

Table 3

**Volumes of pollutants emitted into the atmosphere by vehicles on Miklukho-Maklaya Street**

Pollutant		Criterion used	Value of the criterion, mg/m <sup>3</sup>	Hazard class	The total emissions of the substance	
code	name				g/s	t/year
0301	Nitrogen dioxide (Nitrogen (IV) oxide)	MPC м/р	0.20000	3	0.9494364	4.712628
0304	Nitrogen (II) oxide (Nitrogen oxide)	MPC м/р	0.40000	3	0.0242834	0.765802
0328	Carbon (Soot)	MPC м/р	0.15000	3	0.0095111	0.299942
0330	Sulfur dioxide	MPC м/р	0.50000	3	0.0291847	0.920368
0337	Carbon monoxide	MPC м/р	5.00000	4	1.6109333	50.802394
2704	Gasoline (oil, low-sulfur) (in terms of carbon)	MPC м/р	5.00000	4	0.1773111	5.591683
2732	Kerosene	ASLOE	1.20000		0.0332889	1.049798
All substances: 7					2.8339489	64.142615
including solid: 1					0.0095111	0.299942
liquid/gaseous: 6					2.8244378	63.842673
Groups of substances having the effect of combined harmful effect:						
6204	(2) 301 330					

Выбросы  $i$ -го вещества при движении автомобилей по расчетному внутренне-му проезду  $M_{\text{ПР } ik}$  рассчитывались по общеизвестной формуле

$$M_{\text{ПР } i} = \sum_{k=1}^k m_{L ik} \cdot L \cdot N_k \cdot D_p \cdot 10^{-6}, \text{ т/год,}$$

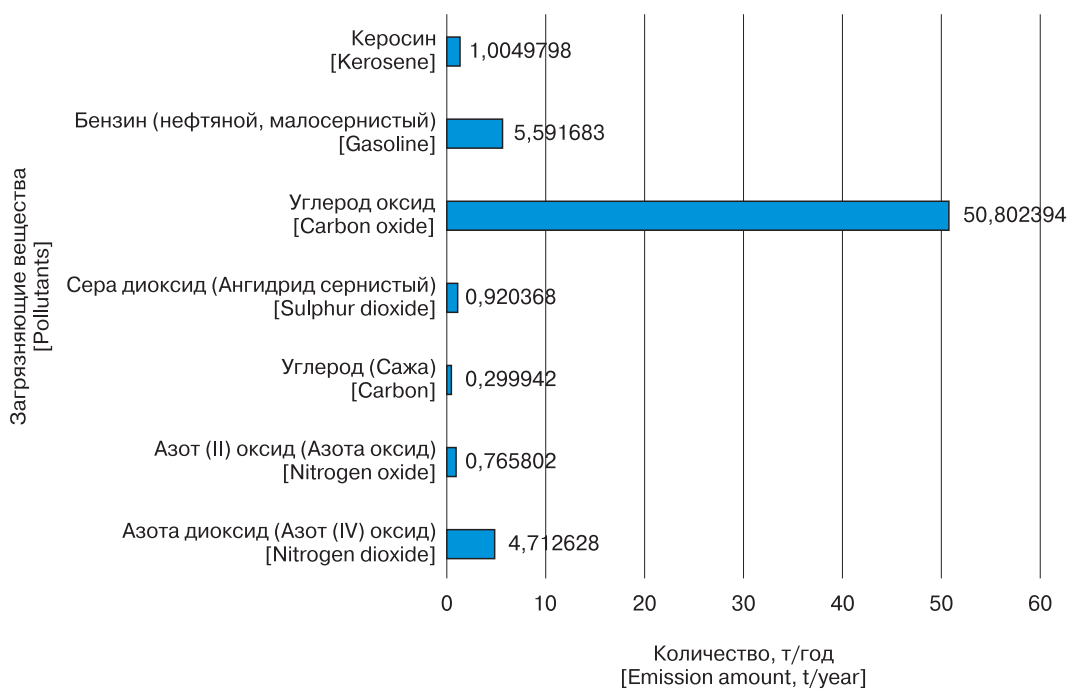
где  $m_{L ik}$  — пробеговый выброс  $i$ -го вещества (г/км) автомобилем  $k$ -й группы при движении со скоростью 10–20 км/ч;  $L$  — протяженность расчетного внутреннего проезда, км;  $N_k$  — среднее количество автомобилей  $k$ -й группы, проезжающих по расчетному проезду в течение суток;  $D_p$  — количество расчетных дней.

Максимальный разовый выброс  $i$ -го вещества  $G_i$  рассчитывался по формуле

$$G_i = \sum_{k=1}^k m_{L ik} \cdot L \cdot N'_k / 3600, \text{ г/с,}$$

где  $N'_k$  — количество автомобилей  $k$ -й группы, проезжающих по расчетному проезду за 1 час, характеризующийся максимальной интенсивностью проезда автомобилей.

Из результатов расчетов максимального разового выброса для каждого типа автотранспортных средств в итоговые результаты по источнику занесены наибольшие значения, полученные с учетом нестационарности во времени движения автотранспортных средств [1].



**Рис. 2.** Доля выбросов загрязняющих веществ на ул. Миклухо-Маклая, т/год  
**[Figure 2.** Share of pollutant emissions on Miklukho-Maklaya Street, t/year]

Динамика показана в долях предельно-допустимой концентрации вредных веществ (ПДК) с помощью изолиний. Изолинии отстраивались по программе УПРЗА «Эколог» 4.75 для каждого приоритетного вещества. В качестве примера приведем данные по диоксиду азота (рис. 3). По остальным веществам превышений норматива в 0,8 ПДК не наблюдается.

Для детализации оценки влияния выбросов автомобильного транспорта на прилегающие территории использовался метод профилирования, указывающий на возможности рассеивания выбросов в придорожной зоне. Выбор профилей производился с учетом интенсивности движения, расположения светофоров, остановок, а также структуры прилегающей территории. Было намечено 6 профилей, которые репрезентативно отражают существующую обстановку (рис. 4).

Первый профиль проложен вдоль Ленинского проспекта, от пересечения с ул. Миклухо-Маклая по направлению в центр. Цель его построения — определить автомобильные выбросы в зависимости от накопления транспорта у светофора.

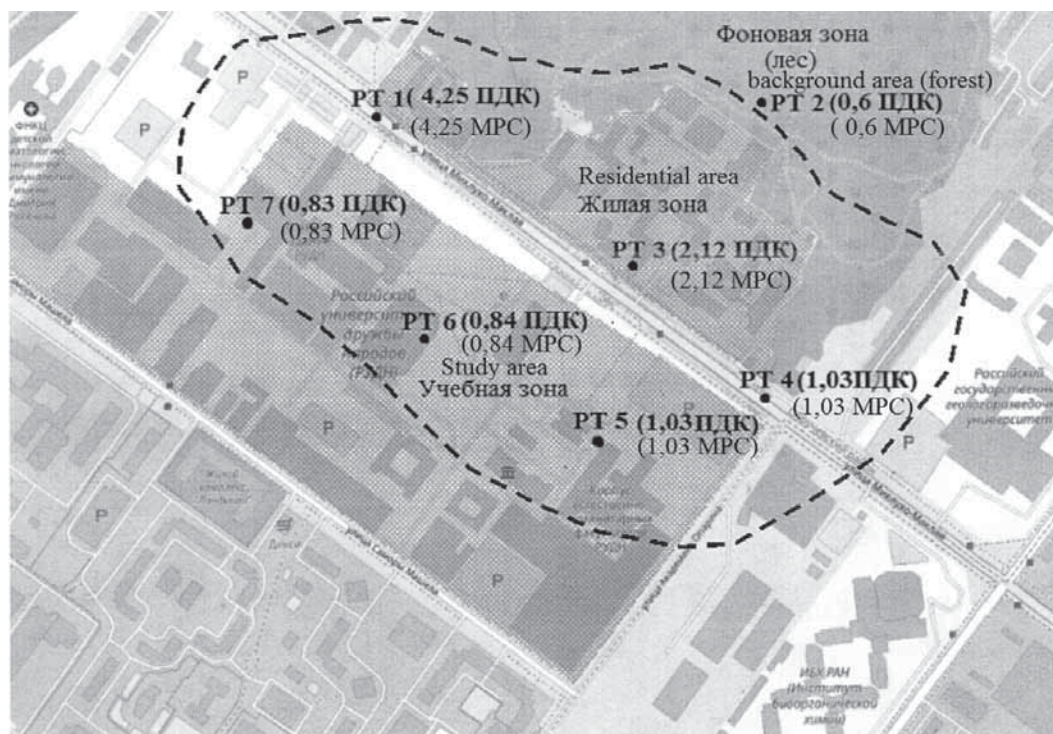
Второй профиль расположен перпендикулярно первому и призван оценить распространение выбросов в условиях прилегающей лесопарковой зоны.

Третий профиль выбран также по направлению к лесной зоне с противоположной стороны с целью сопоставления отсутствия влияния автомобильного движения.

Четвертый профиль направлен перпендикулярно ул. Миклухо-Маклая в сторону студенческого городка и характеризует распределение загрязнений в условиях плотной застройки.

Пятый профиль, направленный по центру административной зоны, характеризует изменения выбросов с учетом защитной зеленой зоны.

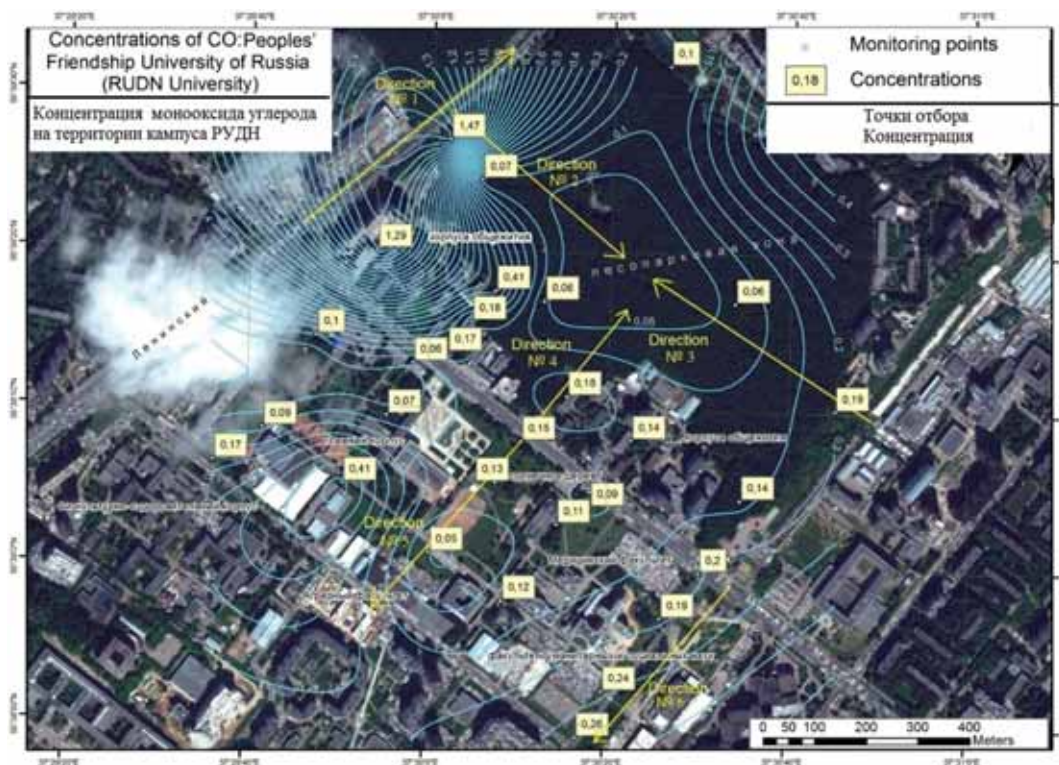
Шестой профиль расположен вдоль корпуса гуманитарных и социальных наук, характеризует периферийную зону с относительно слабым движением автотранспорта.



**Рис. 3.** Карта рассеивания концентрации диоксида азота (301) с расположением расчетных точек (РТ):

РТ 1 (4,25 ПДК), РТ 4 (1,03 ПДК) — у дороги; РТ 2 (0,6 ПДК) — в фоновой зоне; РТ 3 (2,12 ПДК) — в жилой зоне; РТ 5 (1,03 ПДК), РТ 6 (0,84 ПДК) — в учебной зоне, РТ 7 (0,83 ПДК) — в учебной зоне. Пунктирной линией обозначена граница изолинии в 0,8 ПДК, за пределами которой превышение норматива от заданного площадного источника — ул. Миклухо-Маклая не наблюдается.

[**Figure 3.** Map of dispersion of nitrogen dioxide concentration (301) with location of calculated points (RT): РТ 1 (4,25 MPC), РТ 4 (1,03 MPC) — near the road; РТ 2 (0,6 MPC) — in the background area; РТ 3 (2,12 MPC) — in the residential area; РТ 5 (1,03 MPC), РТ 6 (0,84 MPC), РТ 7 (0,83 MPC) — in the study area]



**Рис. 4.** Изолинии концентраций монооксида углерода по замеренным в 33 точках данным (стрелками указаны направления генеральных профилей)

[**Figure 4.** Contours of concentration of carbon monoxide data measured at 33 points (the arrows indicate the direction of the general profiles)]

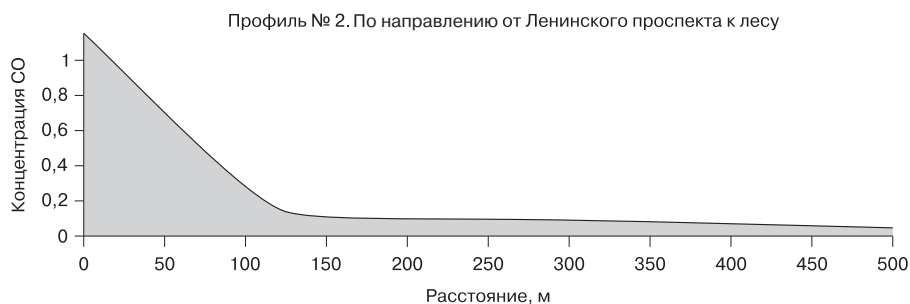
Построение профилей проводилось по оцифрованным картам в программе Surfare по фиксированным точкам через 50 метров. Конфигурация профилей не совпадает между собой, что свидетельствует о крайне разнообразных условиях распространения выбросов. Это обусловлено различными типами прилегающей территории, а также местными климатическими изменениями (локальными направлениями ветра, ориентацией застройки, наличием растительности и, конечно, интенсивностью движения автотранспорта).

В качестве примера приводятся данные по направлению от Ленинского проспекта к лесопарку. Данный метод позволяет проследить путь распространения вещества и оценить зоны влияния автотранспорта. На профиле ярко выражена буферная функция лесопарка, прилегающего к жилой зоне РУДН.

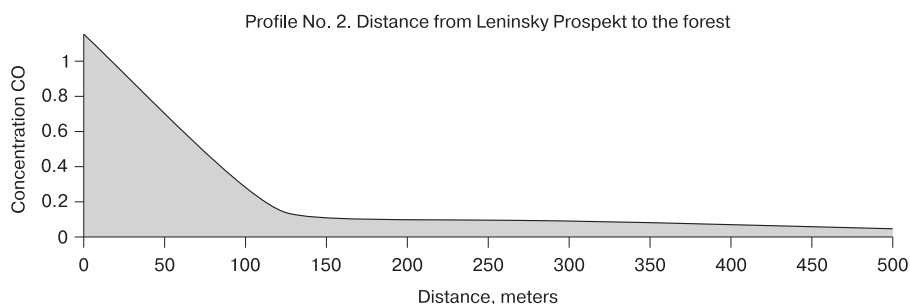
Примером отсутствия растительности служит профиль от ул. Миклухо-Макляя через деловую и социально-активную зону главного корпуса РУДН. В данной зоне защитные свойства растительности выражены слабее по сравнению с другими направлениями.

Конфигурация данного профиля обусловлена одновременным влиянием двух источников автотранспорта: ул. Миклухо-Макляя (100–200 м) и с противоположной стороны ул. Саморы Машела (300 м).

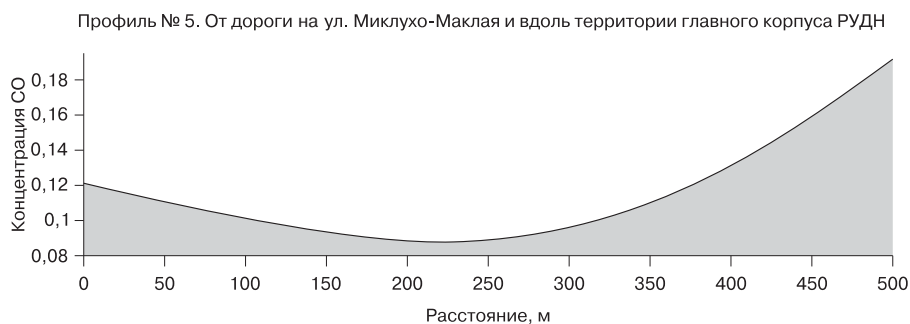




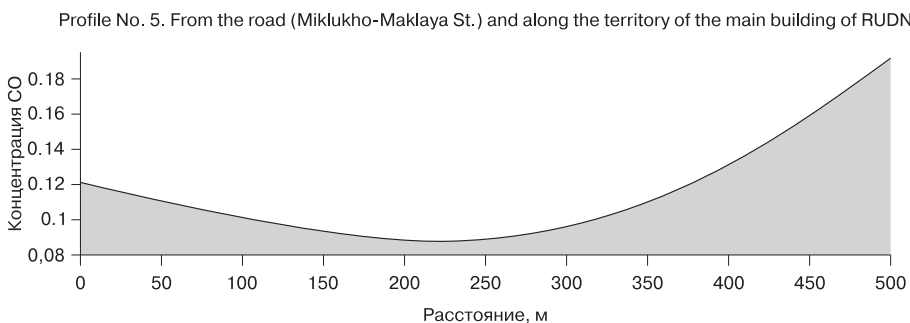
**Рис. 5.** Изменение концентрации монооксида углерода на расстоянии от Ленинского проспекта до Юго-Западного лесопарка



**Figure 5.** The change in the concentration of carbon monoxide from Leninsky Prospekt to the South-West Forest Park



**Рис. 6.** Изменение концентрации монооксида углерода от ул. Миклухо-Маклая через деловую и социально-активную зону главного корпуса университета



**Figure 6.** Change of carbon monoxide concentration from Miklukho-Maklaya Street through the business and social-active zone of the main building of the University

Ниже приводится таблица оценки влияния движения автотранспорта на прилегающую территорию.

Таблица 4

**Оценка влияния автотранспорта на прилегающую территорию**

	Граница зон влияния, м				
	CO	NO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	Сажа	Шум
Профиль № 1	300	500	300—500	350	500
Профиль № 2	150	100	150	50	300
Профиль № 3	100	450	600	500	150
Профиль № 4	150	200	50	200	200
Профиль № 5	250	400	0—200; 400—600	0—200; 300—400	350
Профиль № 6	500	500	200—600	0—300; 400—600	600

Table 4

**Assessment of the impact of vehicles on the surrounding area**

	Border zones of influence, meters				
	CO	NO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	Carbon	Noise
Profile No. 1	300	500	300—500	350	500
Profile No. 2	150	100	150	50	300
Profile No. 3	100	450	600	500	150
Profile No. 4	150	200	50	200	200
Profile No. 5	250	400	0—200; 400—600	0—200; 300—400	350
Profile No. 6	500	500	200—600	0—300; 400—600	600

## Заключение

По итогам исследования определена расчетная интенсивность движения автомобилей в обоих направлениях по ул. Миклухо-Маклая: 820 автомобилей в час и 19 320 за сутки.

Произведен расчет максимального разового и валового выброса с целью определения превышений норматива в 0,8 ПДК в зоне кампуса. Его величина по ул. Миклухо-Маклая в районе кампуса РУДН составила 64,1 т/г. Из них максимальное значение приходится на оксид углерода — 50 т/г. Приоритетными загрязнителями также выступают диоксиды азота, сажа.

Непосредственными замерах определены уровни загрязнения воздуха, шумовых нагрузок, электромагнитных полей. Превышение среднесуточных ПДК в воздухе кампуса выявлено по концентрации диоксида азота (превышение — 15 ПДК). Также превышен уровень шума — до 80 дБ (норматив — 45 дБ).

Результаты замеров визуализированы: созданы схемы техногенных нагрузок (карты загрязнений, шумовых нагрузок и др.).

В результате анализа графических построений выявлено, что наиболее сильное аэральное загрязнение территории кампуса происходит со стороны Ленинского проспекта и сравнительно меньше — с ул. Миклухо-Маклая, хотя Ленинский проспект находится дальше. Это объясняется более интенсивным потоком автомобильного транспорта и длительностью стоянки на регулируемом светофоре перекрестке. Кроме того, определенный вклад вносят автобусные остановки, расположенные непосредственно вблизи кампуса.

### Список литературы

- [1] *Алексеев С.В.* Справочная таблица 6П2В. М., 1987.
- [2] Методическое пособие по расчету, нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух. СПб.: НИИ Атмосфера, 2005.
- [3] Методика проведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу автотранспортных предприятий (расчетным методом). М., 1998.
- [4] Дополнения и изменения к Методике проведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу автотранспортных предприятий (расчетным методом). М., 1999.
- [5] *Третьяков О.Б., Корнев В.А., Кривошеева Л.В.* Воздействие шин на окружающую среду и человека. М.: Нефтехимпром, 2006. 154 с.

#### История статьи:

Дата поступления в редакцию: 01.01.2019

Дата принятия к печати: 10.01.2019

#### Для цитирования:

*Боева Д.В., Хаустов А.П.* Оценка влияния автотранспорта на территорию кампуса Российского университета дружбы народов // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2018. Т. 26. № 4. С. 419–430. DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-4-419-430

#### Сведения об авторах:

*Боева Дарья Викторовна* — магистрант экологического факультета Российского университета дружбы народов. *Контактная информация:* e-mail: bodasha97@yandex.ru

*Хаустов Александр Петрович* — доктор геолого-минералогических наук, профессор, профессор кафедры прикладной экологии Российского университета дружбы народов, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации. *Контактная информация:* e-mail: khaustov\_ap@rudn.university

## Assessment of the vehicles impact on the RUDN University campus

D.V. Boeva, A.P. Khaustov

Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University)  
6 Miklukho-Maklaya St., Moscow, 117198, Russian Federation

The article reflects the research carried out within the framework of the “Green campus” project. The project was organized by the Ecological Faculty of RUDN University, the purpose of which was the monitoring of the RUDN University campus and obtaining detailed information about the technogenic load on the territory. This paper presents the results of year-round studies of the territory, which allowed to establish the variability of anthropogenic load from vehicles depending on the seasons. The article presents the explanation of the vehicles impact assessment methods: instrumental and calculated methods, as well as their comparison with each other. The results are given in charts and maps. Identification of priority substances was done that contribute mostly to the atmosphere pollution.

**Keywords:** impact of vehicles; campus; environmental monitoring; emissions estimation; MPC; gross output; sampling

## References

- [1] Alekseev SV. *Reference table 6P2B*. Moscow; 1987.
- [2] *Guidelines for the calculation, regulation and control of emissions of pollutants into the air*. Saint Petersburg: Atmosphere Research Institute; 2005.
- [3] *Methodology of inventory of pollutants emissions into the atmosphere from road transport enterprises (calculation method)*. Moscow; 1998.
- [4] *Additions and changes to the Methodology of inventory of pollutants emissions into the atmosphere from road transport enterprises (calculation method)*. Moscow; 1999.
- [5] Tretyakov OB, Kornev VA, Krivosheeva LV. *Impact of tires on the environment and human*. Moscow: Neftekhimprom Publ.; 2006.

### Article history:

Received: 01.01.2019

Revised: 10.01.2019

### For citation:

Boeva DV, Khaustov AP. Assessment of the vehicles impact on the RUDN University campus. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2018;26(4): 419—430. DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-4-419-430

### Bio Note:

*Daria V. Boeva* — second year master student, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University). *Contact information*: e-mail: bodasha97@yandex.ru

*Alexander P. Khaustov* — Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor, Professor of the Department of Applied Ecology of Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), Honored Worker of the Higher School of the Russian Federation. *Contact information*: e-mail: khaustov\_ap@rudn.university