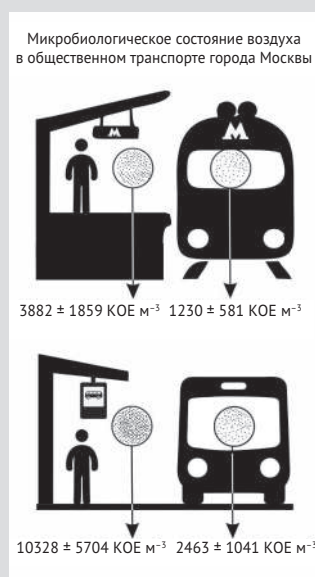


# В.В. ТИХОНОВ, О.В. НИКОЛАЕВА, П.А. ПИЛЬГУН

## ОЦЕНКА ЧИСЛЕННОСТИ МИКРООРГАНИЗМОВ В ВОЗДУХЕ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА МОСКВЫ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД



Концепция рисунка  
© Ольга Николаева  
Дизайн и реализация  
© Софья Лисовицкая

**Тихонов Владимир Владимирович**, кандидат биологических наук, младший научный сотрудник факультета почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова; Российская Федерация, 119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д. 1, стр. 12, тел. +7 (495) 939-48-14

E-mail: vvt1985@gmail.com

**Николаева Ольга Вячеславовна**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник факультета почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова; Российская Федерация, 119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д. 1, стр. 12, тел. +7 (926) 588-33-98

E-mail: olgamsu@yandex.ru

**Пильгун Полина Анатольевна**, студентка факультета прикладной экономики и коммерции МГИМО; Российская Федерация, 119454, Москва, просп. Вернадского, д. 76.

E-mail: polynap@mail.ru

Цель исследования — оценить содержание микроорганизмов в воздушной среде общественного транспорта Москвы в зимний период и выявить факторы, влияющие на их количественный и групповой состав. Работа осуществлялась седиментационным методом, основанным на осаждении взвешенных в воздухе частиц на агаризованные питательные среды. Выделяли следующие группы микроорганизмов: 1) сапротрофные бактерии; 2) условно-патогенные бактерии; 3) мицелиальные грибы. Исследования проводились на четырех линиях метрополитена и четырех автобусных маршрутах с отбором проб в вагонах поездов, автобусах, на платформах метрополитена и автобусных остановках. Количество микроорганизмов в воздухе автобусов ( $2463 \pm 1041$  КОЕ м<sup>-3</sup>) в 2 раза превышало их содержание в воздухе вагонов метро ( $1230 \pm 581$  КОЕ м<sup>-3</sup>). Воздух на остановках ( $10328 \pm 5704$  КОЕ м<sup>-3</sup>) и платформах ( $3882 \pm 1859$  КОЕ м<sup>-3</sup>) содержал большее количество микроорганизмов. В групповом составе микроорганизмов в транспорте доминировали сапротрофные бактерии, значительно меньшее количество

составили условно-патогенные и наименьшее — споры грибов. В соответствии с «Санитарными правилами эксплуатации метрополитенов» Российской Федерации общее количество микроорганизмов в воздухе вагонов, на платформах и внутри автотранспорта находилось в пределах нормы. Значительное превышение данного норматива установлено для воздушной среды на остановках автотранспорта, для которых пока нет стандарта.

В соответствии с нормативами ЕС определены следующие уровни загрязнения на основе численности бактерий/грибов: средний/низкий — внутри автобусов и вагонов метро, высокий/низкий — на платформах метрополитена, высокий/высокий — на автобусных остановках. Показано, что доминирующим фактором, определяющим численность микроорганизмов в транспорте, является количество микроорганизмов в воздухе окружающей среды. Существенных взаимосвязей с температурой воздуха, длительностью маршрута и количеством людей в транспорте не обнаружено.

**Практическая польза:** Статья актуальна для специалистов в области урбанистики, так как отражает существующие связи между особенностями организации городского пространства и количеством микроорганизмов в воздухе. Снижению уровня пыли и микробиологического загрязнения городского воздуха будут способствовать закрепление открытых почв и грунтов травянистым покровом и озеленение города, грамотное создание газонов с защитой от несанкционированной парковки транспортных средств и их вытаптывания людьми, минимизация неэффективной инженерной деятельности в городе.

**Ключевые слова:** санитарно-микробиологический контроль воздуха; бактерии; споры грибов; общественный транспорт; метро; автобусы; пыль

**Цитирование:** Тихонов В.В., Николаева О.В., Пильгун П.А. (2018) Оценка численности микроорганизмов в воздухе общественного транспорта Москвы в зимний период // Городские исследования и практики. Т. 3. № 3. С. 36–47.  
DOI: <https://doi.org/10.17323/usp33201836-47>

## Введение<sup>1</sup>

Качество воздуха в городской среде является важным фактором, влияющим на здоровье населения. В воздушном пространстве городов представлено большое разнообразие загрязняющих веществ. Однако если проблема химического загрязнения воздуха достаточно хорошо изучена, то вопросам его микробиологического состояния уделяется значительно меньше внимания [Ху, Нао, 2017]. В основном исследуется воздушная среда помещений, а воздух общественного транспорта изучен недостаточно [Кича и др., 2009; Николаева, 2013; Leung, 2015].

Общественный транспорт играет важную роль в жизни современного человека, обеспечивая его мобильность. Пассажиропоток в системе общественного транспорта Москвы характеризуется крайне высокой плотностью. В среднем за сутки метрополитеном пользуется 8,5 млн человек, наземным транспортом — 6,5 млн человек [Официальный сайт Мэра Москвы]. В условиях высокой концентрации людей санитарно-микробиологическое качество воздуха в общественном транспорте, характеризуемое количеством микроорганизмов в кубическом метре воздушной среды, является фактором риска для здоровья населения. Численность микроорганизмов в воздушной среде транспортных средств влияет на вероятность возникновения различных заболеваний, преимущественно респираторных и аллергических [Douwes et al., 2003; Man et al., 2017]. Источниками микроорганизмов в воздухе выступают городская пыль и аэрозоли, ассоциированные с жизнедеятельностью человека [Fujiyoshi et al., 2017]. Основной вклад в образование городской пыли вносят мелкодисперсные частицы почв и грунтов [Bowers et al., 2011].

В настоящее время постоянный контроль биологического загрязнения воздуха ведется в лечебных [ГОСТ Р 52539-2006; СанПиН 2.1.3.2630-10], производственных помещениях [МУК 4.2.734-99; ГН 2.1.6.3537-18] и метрополитене [СП 2.5.1337-03]. В воздухе метрополитена нормируется общее содержание микроорганизмов (бактерии и споры грибов), численность которых должна составлять не более 1500 и 2500 КОЕ м<sup>-3</sup> (колониеобразующих единиц) для летнего и зимнего периода соответственно. Воздух улиц и других помещений, в том числе воздух общественного транспорта, в Российской Федерации не нормируется.

В международной научной литературе большое внимание уделяется изучению содержания спор грибов в воздухе. В обзоре [Rao et al., 2012] собраны основные нормативы и стандарты по содержанию данных агентов в атмосфере, норме соответствует диапазон численности спор 50–1000 КОЕ м<sup>-3</sup>. Ведущими микологами России [Микология сегодня, 2005; Марфенина, Фомичева, 2007; Богомолова и др., 2012] предложен пороговый норматив для содержания спор грибов в воздухе городов и квартир не более 500 КОЕ м<sup>-3</sup>.

Несмотря на рост исследований микробиологического состояния воздуха в транспорте крупных городов мира [Марфенина, Фомичева, 2007; Bogomolova, Kirtsideli, 2009; Robertson et al., 2013; Ху, Нао, 2017], в России данный вопрос только начинает изучаться. Существуют единичные публикации, посвященные анализу численности и видового состава микроскопических грибов в воздушной среде метро Москвы [Иванова и др., 2012] и Санкт-Петербурга [Bogomolova, Kirtsideli, 2009], а вопрос бактериального состояния воздуха практически не исследован [Дубровская, 1996].

Цель работы — проанализировать качество воздуха в подземном и наземном общественном транспорте Москвы на основе численности бактерий и микромицетов, выявить факторы дифференциации количественного и группового состава микроорганизмов. В качестве исходной гипотезы было выдвинуто предположение, что количество микроорганизмов в воздухе подземного и наземного транспорта различается, а факторами, влияющими на содержание микроорганизмов, будут количество пассажиров, длительность маршрута, температура воздуха в общественном транспорте, а также содержание микроорганизмов в воздухе окружающей среды — на автобусных остановках и платформах метро.

<sup>1</sup> Авторы признательны С.А. Лисовицкой за помощь в создании графической аннотации к статье.

## Объекты и методы исследования

### *Объекты исследования*

Исследования воздушной среды в общественном транспорте проводились в зимний период в течение четырех дней: 18, 19, 21 и 22 декабря 2017 г. Объектами исследования в метро выбраны поезда Арбатско-Покровской, Калужско-Рижской, Серпуховско-Тимирязевской и Таганско-Краснопресненской линий метрополитена. Отбор проб воздуха окружающей среды проводился на платформах станций «Славянский бульвар», «Бабушкинская», «Тульская», «Волгоградский проспект». В части наземного транспорта исследования проводились в автобусах, следующих по маршрутам «М2» (Фили — Рижский вокзал), «М10» (Лобненская ул. — метро «Китай город»), «688» (Озерная ул. — Крылатское), «137» (Братцево — метро «Речной вокзал»). Отбор проб воздуха окружающей среды осуществлялся на автобусных остановках рядом с метро «Парк Победы» и «Лубянка».

Температура воздуха на улице составляла от 0 до +3 °С, в автобусах и поездах метрополитена от +13 до +18 °С. Скорость ветра на улице не превышала 2 м/с.

### *Схема отбора проб*

Каждый день изучались одна линия метро и один автобусный маршрут (воздух внутри транспорта), одна платформа метро и одна автобусная остановка (воздух окружающей среды). Отбор проб воздуха осуществлялся ежедневно в утреннее, дневное и вечернее время в вагонах метро и автобусах. Пробы воздуха на платформах и остановках метро («фон») отбирали дважды в день, утром и вечером. Для отбора проб в транспорте устанавливался контейнер с тремя чашками Петри с питательными средами для последующей культивации в лаборатории. Итого в сутки отбиралось 9 проб в вагонах метро, 9 проб в автобусах, 6 проб на платформах метро и 6 проб на автобусных остановках. Из-за погодных условий (снегопад) в течение двух дней отобрать пробы на автобусных остановках не представлялось возможным. Общий объем отобранных проб составил 108.

Отбор воздуха осуществлялся на высоте 100 см от пола в транспорте и на высоте 100 см от поверхности земли на остановках и платформах. В транспорте контейнер с чашками Петри устанавливался на пассажирском кресле, а на автобусных остановках и платформах метро он фиксировался на высоте 100 см. Точки отбора проб — центральная часть автобусов и вагонов метро, центральная часть остановок автобусов и платформ метро.

Отбор каждой серии проб осуществлялся в течение 30 минут. Параллельно с отбором проб воздуха контролировались следующие параметры: температура воздуха, количество людей в автобусе, количество остановок за 30 мин (длина пути). Ежедневно собранные за день пробы устанавливались в термостаты на 1,5–7 сут для последующей культивации и подсчета микроорганизмов. Повторность в каждой точке — 3. Статистическая обработка данных проводилась в программе Microsoft Excel 2016.

### *Методы исследования*

Определение содержания микроорганизмов в воздухе осуществлялось седиментационным методом, основанным на принципе осаждения взвешенных в воздухе частиц на микробиологические питательные среды [Napoli et al., 2012, Pasquarella et al., 2000]. Количественный и качественный (групповой) состав микроорганизмов воздуха определяли путем подсчета колониеобразующих единиц на агаризованных средах. В работе выделяли три группы микроорганизмов: 1) сапротрофные бактерии, растущие при 25 °С (Б25), — многочисленный класс мезофильных бактерий, основными источниками которых являются почвы и грунты; 2) сапротрофные бактерии, растущие при 37 °С (Б37), — с некоторым допущением их можно отнести к группе потенциально патогенных бактерий; 3) мицелиальные грибы, представленные в воздухе в виде спор (СГ). Споры грибов могут оказывать сенсibiliзирующее действие на иммунитет человека, вызывая, в частности, аллергические реакции.

Учет Б25 и Б37 проводили на ГПД-агаре следующего состава: глюкоза — 5 г/л, пептон — 10 г/л, дрожжевой экстракт — 5 г/л, агар — 15 г/л. Учет СГ осуществляли на грибном агаре

с низким значением рН (Хаймедия, Индия) следующего состава: папаиновый перевар соевой муки — 10 г/л, декстроза — 10 г/л, агар — 15 г/л.

После отбора проб воздуха на питательные среды закрытые чашки Петри инкубировались в течение 1,5–7 сут в термостатах при 18, 25 или 37 °С в зависимости от группы выделяемых микроорганизмов:

- 1) Б25 — инкубация при 25 °С в течение 2–5 сут;
- 2) Б37 — инкубация при 37 °С в течение 1,5 сут;
- 3) СГ — инкубация при 18 °С в течение 5–7 сут.

Пересчет результатов с КОЕ, выросших в чашке Петри, на КОЕ, содержащихся в кубическом метре воздуха, осуществляли, используя формулы Омелянского [Омелянский, 1940; Bogomolova, Kirtsideli, 2009]:

$$N = (5a \times 10^4) / b \times t,$$

где  $N$  — число КОЕ м<sup>-3</sup>;  $a$  — число КОЕ, выросших на чашке Петри;  $b$  — площадь поверхности чашки Петри, участвовавшей в седиментации (см<sup>2</sup>);  $t$  — время экспозиции в минутах.

Для оценки уровня загрязнения воздуха в общественном транспорте использовали два норматива: по общему содержанию микроорганизмов в воздухе (грибные споры и бактерии) — СП 2.5.1337-03 («норматив 1»), отдельное содержание бактерий и грибов — международные рекомендации по оценке содержания микроорганизмов в воздухе помещений [СЕС, 1993] («норматив 2», табл. 1).

**Таблица 1. Категории загрязнения воздуха в зависимости от содержания микроорганизмов в воздухе помещений**

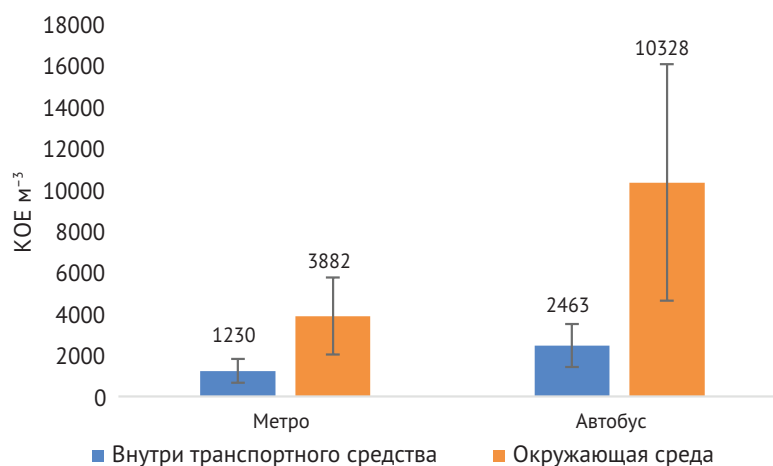
Группа микроорганизмов	Содержание в воздухе домов, КОЕ м <sup>-3</sup>	Категория загрязнения воздуха
Бактерии	<100	Очень низкая
	100–500	Низкая
	500–2500	Средняя
	2500–10000	Высокая
	>10000	Очень высокая
Грибы	<50	Очень низкая
	50–200	Низкая
	200–1000	Средняя
	1000–10000	Высокая
	>10000	Очень высокая

Источник: [Commission of the European Communities (СЕС), 1993].

## Результаты

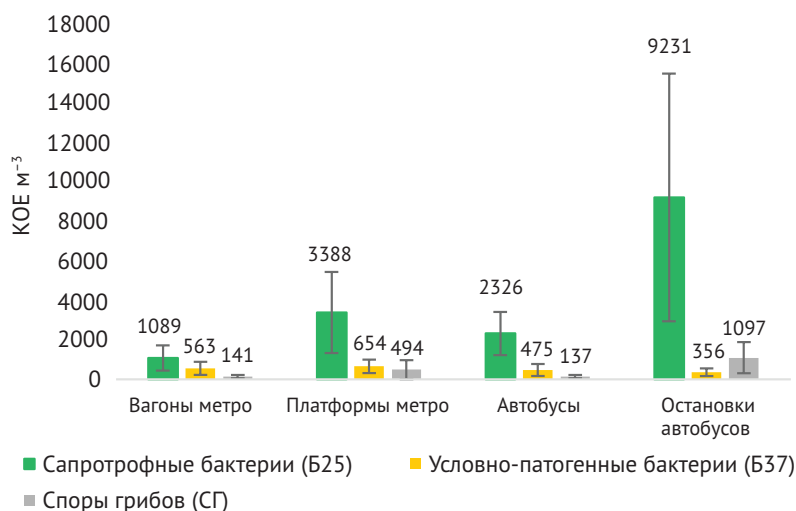
Содержание микроорганизмов в воздушной среде наземного и подземного транспорта значительно отличалось друг от друга ( $p < 0,05$ ). Количество микроорганизмов в воздухе автобусов в 2 раза превышало их содержание в воздухе вагонов метро (рис. 1). Воздух окружающей (наружной) среды автобусов и вагонов метро характеризовался значительно более высоким содержанием микроорганизмов по сравнению с воздушной средой внутри транспортных средств.

В групповом составе микроорганизмов воздушной среды транспортных средств доминируют Б25, составляя более 50% микробиоты, значительно меньшее количество приходится на Б37, наименьшую численность составляют СГ (рис. 2). Большее количество микроорганизмов в автобусах по сравнению с вагонами метро обусловлено группой Б25, в то время как количество Б37 и СГ однородно в обоих видах транспорта.



**Рис. 1. Содержание микроорганизмов (B25 + СГ) в воздухе транспортных средств и окружающей среды**

Источник: оригинальные данные, полученные авторами.



**Рис. 2. Групповой состав микроорганизмов в воздухе транспортных средств и окружающей среды**

Источник: оригинальные данные, полученные авторами.

Основываясь на отечественном нормативе для воздуха метрополитена («норматив 1»), по результатам суммарного содержания бактерий и спор грибов (B25 + СГ) можно констатировать соответствие качества воздуха норме внутри вагонов метро и на платформах метрополитена, а также для автобусов. При этом численность микроорганизмов на автобусных остановках значительно превышает данный норматив — в 4 раза. Важно отметить, что официального норматива для воздуха окружающей среды открытых городских пространств, в частности, автобусных остановок, не существует. В соответствии с нормативом ЕС для воздуха домов («норматив 2») (табл. 1) воздушная среда внутри вагонов метро и автобусов может характеризоваться средним уровнем загрязнения по содержанию бактерий и низким уровнем — по содержанию спор грибов; воздух на платформах метрополитена характеризуется высоким уровнем загрязнения по содержанию бактерий и низким — по содержанию спор грибов; воздух на автобусных остановках характеризуется высоким уровнем загрязнения как по содержанию бактерий, так и по количеству спор грибов.

В групповом составе микроорганизмов в воздухе окружающей среды аналогично воздуху транспорта доминируют B25, составляя более 50% численности микроорганизмов. Более вы-

сокие значения содержания микроорганизмов на платформах метро и автобусных остановках по сравнению с транспортом обусловлены пропорциональным ростом доли Б25 и СГ, в то время как количество Б37 значимо не растет и даже отмечается их некоторое снижение в воздухе на автобусных остановках.

Корреляционный анализ не выявил связей между содержанием микроорганизмов в воздухе транспортных средств и изученными факторами: температурой воздуха, количеством пассажиров в транспорте и длиной маршрута, в то время как установлена высокая корреляция численности микроорганизмов в транспорте с их содержанием в окружающей среде (табл. 2).

**Таблица 2. Коэффициенты корреляций между содержанием микроорганизмов в воздухе транспортных средств и анализируемыми факторами**

	Тип микроорганизмов	Температура воздуха	Количество людей	Количество остановок (длина маршрута)	Содержание микроорганизмов во внешней среде транспорта
Поезда метрополитена	Б25	0,10	0,29	0,31	<b>0,94</b>
	Б37	-0,40	0,23	<b>0,53</b>	<b>0,93</b>
	СГ	0,12	<b>0,52</b>	-0,34	<b>0,93</b>
Автобусы	Б25	0,25	0,03	0,01	<b>0,68</b>
	Б37	0,31	<b>0,63</b>	0,38	<b>0,95</b>
	СГ	0,55	0,15	0,13	0,46

*Примечание.* Выделены коэффициенты корреляции > 0,50.

*Источник:* оригинальные данные, полученные авторами.

### Обсуждение результатов

Высокие значения коэффициентов корреляции между количеством микроорганизмов в воздухе транспорта и концентрацией в окружающей среде (автобусные остановки для автобусов и платформы метрополитена для поездов метро) позволяют рассматривать микробиологическое состояние окружающей среды в городе как главный фактор, определяющий численность микробиоты в транспорте. При этом автотранспорт выполняет своеобразную «экранирующую» роль, так как численность микроорганизмов в нем в несколько раз ниже, чем в воздухе окружающей среды. С точки зрения микробиологического загрязнения воздуха при поездке на автобусе человек сталкивается с меньшим количеством микроорганизмов, чем при пешем способе передвижения вдоль дороги в условиях городской среды в зимний период.

Похожие закономерности повышенного содержания микроорганизмов в воздухе окружающей среды по сравнению с воздухом внутри жилых помещений описаны на примере изучения концентрации грибов в городской среде [Garrett et al., 1997; Li et al., 2006].

Известно, что максимальное количество микроорганизмов среди объектов окружающей среды находится в почвенной среде [Звягинцев, 1987]. Высокие значения содержания микробиоты в воздухе городской среды Москвы мы связываем с пылением почв и грунтов, мельчайшие частицы которых могут быть представлены в воздушной среде города во взвешенном состоянии длительное время, так как турбулентные потоки воздуха препятствуют их естественному оседанию [Aluko, Noll, 2006]. Очевидный способ снижения пыления почв и грунтов — их закрепление корневыми системами растений, поэтому создание газонов в городе наряду с посадкой древесной и кустарниковой растительности, фиксирующей пылеватые частицы листьями, имеет важное экологическое значение [Janhall, 2015; Spirn, 1986]. Строительные работы, замена бордюров и асфальта в городе, вытаптывание травяного покрова, поставка машин на газоны не могут не отражаться на микробиологическом состоянии воздуха.

В указанный период, согласно дневнику погоды [Дневник погоды г. Москвы], были высокая относительная влажность воздуха (73–98%), а небольшие понижения температуры могли способствовать образованию капель и увеличивать количество выпадаемых частиц на чашку Петри. Можно было бы предположить, что данный факт вносил значительный вклад в коли-

чество микроорганизмов на остановках, однако практически одинаковое содержание Б37 на остановках и внутри транспорта говорит о низкой вероятности данного явления.

Меньшее количество микробиоты в воздухе на платформах метро по сравнению с автобусными остановками мы связываем с особенностями забора воздуха, поступающего в метрополитен. Воздух поступает не только с наиболее загрязненных территорий вдоль дорог, но и с более чистых участков, удаленных от дорожного полотна. Наличие регулярной влажной уборки также снижает концентрацию осевшей пыли и ее повторный переход во взвешенное в воздухе состояние.

Повышенное содержание микроорганизмов в воздухе на автобусных остановках вполне логично вследствие максимальной концентрации пыли из-за естественного пыления почв и грунтов, вызванного ветром, а также пыления, обусловленного движением автотранспорта.

Некоторое уменьшение Б37 на автобусных остановках по сравнению с платформами метро может быть связано как с меньшим количеством людей на единицу площади, так и с эффектом рассеивания данной микрофлоры ветром. Ранее была показана обратная корреляция между содержанием патогенной микрофлоры и скоростью воздуха в городской среде [Liu et al., 2018].

Полученные в работе значения содержания микробиоты на платформах метрополитена хорошо соотносятся с данными других исследователей для системы метро Лондона, Мехико [Хи, Хао, 2017], Санкт-Петербурга [Bogomolova, Kirtsideli, 2009] и характеризуются значительно более низкими величинами по сравнению с метро Пекина (Китай). Схожие данные по микрофлоре Б37 получены для автобусов Бангкока [Luksamijarulkul et al., 2004].

## Выводы

Количество микроорганизмов в воздухе автобусов ( $2463 \pm 1041$  КОЕ м<sup>-3</sup>) в 2 раза превышало их содержание в воздухе вагонов метро ( $1230 \pm 581$  КОЕ м<sup>-3</sup>). Воздух на автобусных остановках ( $10328 \pm 5704$  КОЕ м<sup>-3</sup>) и платформах метрополитена ( $3882 \pm 1859$  КОЕ м<sup>-3</sup>) характеризовался значительно более высоким содержанием микроорганизмов по сравнению с воздушной средой внутри транспортных средств.

Групповой состав микроорганизмов воздуха общественного транспорта и окружающей среды характеризуется абсолютным доминированием микроорганизмов группы Б25, составляющих 60–80% от суммарной численности изученной микробиоты. Увеличение содержания микроорганизмов в автобусах по сравнению с вагонами метро обусловлено Б25, в то время как численность Б37 и СГ примерно одинакова в обоих видах транспорта.

В соответствии с «Санитарными правилами эксплуатации метрополитенов» общее количество микроорганизмов в воздухе вагонов и на платформах метро, а также внутри автотранспорта находилось в пределах нормы. Значительное превышение данного норматива установлено в воздушной среде на остановках автотранспорта, для которых пока не существует стандарта. В соответствии с нормативами ЕС были определены следующие ориентировочные уровни загрязнения воздуха на основе дифференцированной численности бактерий и грибов: средний/низкий — внутри автобусов и вагонов метро, высокий/низкий — на платформах метрополитена; высокий/высокий — на автобусных остановках.

Показано, что доминирующим фактором, влияющим на численность микроорганизмов в транспорте, является количество микроорганизмов в воздухе окружающей среды. Существенных корреляций между температурой воздуха, длительностью маршрута и количеством людей в транспорте не обнаружено.

Реализация исследования позволила получить новые сведения о количественном и групповом составе микроорганизмов в воздухе автобусов и поездов метрополитена Москвы. Полученные результаты могут быть полезными при проведении мониторинговых работ, разработке нормативов санитарно-микробиологического состояния воздуха и реализации мероприятий по снижению микробиологического загрязнения воздуха в общественном транспорте.

## Заключение

Важным аспектом данного исследования является привлечение внимания к вопросу микробиологического загрязнения воздуха в городской среде. Как было показано, качество воздуха в общественном транспорте, а также внутри помещений в городе является прямым следстви-

ем состояния окружающей среды. Микробиологическое загрязнение воздуха вдоль автотрасс и на платформах метрополитена является фактором риска для здоровья населения Москвы, оценка интенсивности которого в условиях высокой плотности людей, интенсивных транспортных потоков и близости жилых зон к автомагистралям очень актуальна. Мы видим продолжение исследований микробиологического состояния воздуха в направлении изучения сезонной динамики численности микробиоты на уровне ее видового состава. Важно подчеркнуть, что в настоящее время санитарно-микробиологический контроль воздуха осуществляется только в помещениях и не ведется в автотранспорте и на открытых пространствах городской среды. Нормативов для оценки качества воздуха вне жилых помещений также не существует, и привлечение внимания к данной проблеме крайне важно.

На данном этапе уже можно говорить о целесообразности применения систем очистки воздуха в транспорте, значимости регулярной влажной уборки, но эти меры носят локальный характер. Для системных решений необходимо следить за состоянием окружающей среды, минимизируя количество пыли в городском воздухе, являющейся ключевым источником микроорганизмов. Улучшению качества воздуха будут способствовать закрепление открытых почв и грунтов травянистым покровом и озеленение города, грамотное планирование и организация газонов с защитой от несанкционированной парковки транспортных средств и их вытаптывания людьми, минимизация неэффективной инженерной деятельности в городе. При создании общественных зон в непосредственной близости от автотрасс особенно важно учитывать экологические аспекты для рациональной организации городского пространства: создание защитных полос из лиственных деревьев, способствующих снижению концентрации пыли в воздухе; организация плотных газонов из растений, устойчивых к высоким концентрациям загрязняющих веществ; планирование территорий вдоль дорог таким образом, чтобы частицы почвогрунтов не выносились плоскостным смывом на поверхность дорожного полотна и не поднимались в воздух транспортным потоком.

#### Источники

- Богомолова Е.В. и др. (2012) Микроскопические грибы в воздушной среде Санкт-Петербурга / М.А. Бондарцева (ред.). СПб.: Химиздат.
- Звягинцев Д.Г. (1987) Почва и микроорганизмы. М.: Изд-во Моск. ун-та.
- Иванова А.Е., Марфенина О.Е., Данилогорская А.А. (2012) Культивируемые микроскопические грибы в воздухе ряда станций московского метрополитена и местах наружного воздухозабора // Микология и фитопатология. Т. 46. № 1. С. 33–40.
- ГН 2.2.6.3538-18. Предельно допустимые концентрации (ПДК) микроорганизмов-продуцентов, бактериальных препаратов и их компонентов в воздухе рабочей зоны.
- ГОСТ Р 52539-2006 Чистота воздуха в лечебных учреждениях. Общие требования – действующий.
- Дневник погоды г. Москвы. Режим доступа: <http://www.meteo-tv.ru/> (дата обращения: 13.06.2019).
- Дубровская Т.А. (1996) Гигиенические основы оптимизации воздушной среды станций метрополитена: автореф. дисс. ... канд. мед. наук: спец. 14.00.07 «Гигиена» / Т.А. Дубровская. Москва.
- Марфенина О.Е., Фомичева Г.М. (2007) Потенциально патогенные мицелиальные грибы в среде обитания человека. Современные тенденции // Микология сегодня / Ю.Т. Дьяков, Ю.В. Сергеев (ред.). Т. 1. М.: Национальная академия микологии. С. 235–266.
- Микология сегодня (2007) / Ю.Т. Дьяков, Ю.В. Сергеев (ред.). Т. 1. М.: Национальная академия микологии.
- МУК 4.2.734-99. Микробиологический мониторинг производственной среды.
- Николаева Л.А. (2013) Гигиеническая оценка микробного загрязнения воздуха помещений: учеб.-метод. пособие / ГБОУ ВПО ИГМУ Минздрава России. Иркутск: ИГМУ.
- Кича Д.И., Дрожжина Н.А., Фомина А.В. (2009) Общая гигиена. Руководство к лабораторным занятиям: учеб. пособие. ГЭОТАР-Медиа.
- Омелянский В.Л. (1940) Практическое руководство по микробиологии / Б.Л. Исаченко (общ. ред.). Изд. 2-е, перераб. и доп. М.; Л.: Изд-во АН СССР.
- Официальный сайт Мэра Москвы. Режим доступа: <https://www.mos.ru/news/item/24621073/> (дата обращения: 07.09.2018).
- СанПиН 2.1.3.2630-10. Санитарно-эпидемиологические требования к организациям, осуществляющим медицинскую деятельность.



- СП 2.5.1337-03. Санитарные правила эксплуатации метрополитенов.
- Aluko O., Noll K. (2006) Deposition and Suspension of Large, Airborne Particles // *Aerosol Science and Technology*. Vol. 40 (7). P. 503–513.
- Bogomolova E., Kirtsideli I. (2009) Airborne Fungi in Four Stations of the St. Petersburg Underground Railway System // *International Biodeterioration & Biodegradation*. Vol. 63. P. 156–160.
- Bowers R.M. et al. (2011) Sources of Bacteria in Outdoor Air Across Cities in the Midwestern United States // *Appl. Environ. Microbiol.* Vol. 77. P. 6350–6356.
- Commission of the European Communities (CEC) (1993) Indoor Air Quality and Its impact on Man. Report No. 12. Biological Particles in Indoor Environment. Luxemburg.
- Douwes J. et al. (2003) Bioaerosol Health Effects and Exposure Assessment: Progress and Prospects // *Ann Occup Hyg.* Vol. 47 (3). P. 187–200.
- Fujiyoshi S., Tanaka D. Maruyama F. (2017) Transmission of Airborne Bacteria Across Built Environments and Its Measurement Standards: A Review // *Front Microbiol.* Vol. 8. Article 2336.
- Garrett M.H. et al. (1997) Airborne Fungal Spores in 80 Homes in the Latrobe Valley, Australia: Level, Seasonality and Indoor-outdoor Relationship // *Aerobiologia*. Vol. 13. P. 121–126.
- Janhall S. (2015) Review on Urban Vegetation and Particle Air Pollution – Deposition and Dispersion // *Atmos. Environ.* Vol. 105. P. 130–137.
- Lee T. et al. (2006) Relationship Between Indoor and Outdoor Bioaerosols Collected with a Button Inhalable Aerosol Sampler in Urban Homes // *Indoor Air*. Vol. 16 (1). P. 37–47.
- Leung D.Y.C. (2015) Outdoor-indoor Air Pollution in Urban Environment: Challenges and Opportunity // *Front. Environ. Sci.* Vol. 2. Article 69.
- Liu H. et al. (2018) Effect of Air Pollution on the Total Bacteria and Pathogenic Bacteria in Different Sizes of Particulate Matter // *Environ. Pollut.* Vol. 233. P. 483–493.
- Luksamijarulkul P. et al. (2004) Microbial Air Quality in Mass Transport Buses and Work-related Illness Among Bus Drivers of Bangkok Mass Transit Authority // *J Med Assoc Thai*. Vol. 87 (6). P. 697–703.
- Man W.H., de Steenhuijsen Pijters W.A., Bogaert D. (2017) The Microbiota of the Respiratory Tract: Gatekeeper to Respiratory Health // *Nat Rev Microbiol.* Vol. 15 (5). P. 259–270.
- Napoli C., Marcotrigiano V., Montagna M. (2012) Air Sampling Procedures to Evaluate Microbial Contamination: A Comparison Between Active and Passive Methods in Operating Theatres // *BMC Public Health*. Vol. 12 (594). P. 1–6.
- Pasquarella C., Pitzurra O., Savino A. (2000) The Index of Microbial Air Contamination // *Journal of Hospital Infection*. Vol. 46. P. 241–256.
- Rao C.Y., Burge H.A., Chang J.C.S. (1996) Review of Quantitative Standards and Guidelines for Fungi in Indoor Air // *Journal of the Air & Waste Management Association*. Vol. 46. P. 899–908.
- Robertson C.E. et al. (2013) Culture-independent Analysis of Aerosol Microbiology in a Metropolitan Subway System // *Appl. Environ. Microbiol.* Vol. 79. No. 11. P. 3485–3493.
- Spirn A. (1986) Air Quality at Street Level: Strategies for Urban Design. Prepared for: Boston Redevelopment Authority.
- Xu B., Hao J. (2017) Air Quality Inside Subway Metro Indoor Environment Worldwide: A Review // *Environment International*. Vol. 107. P. 33–46.

VLADIMIR TIKHONOV, OLGA NIKOLAEVA, POLINA PILGUN  
**QUANTITY OF AIRBORNE MICROORGANISMS  
IN PUBLIC TRANSPORT  
OF MOSCOW IN WINTER PERIOD**

**Vladimir V. Tikhonov**, Candidate of Biological Sciences, Junior Researcher, The Faculty of Soil Science, Lomonosov Moscow State University; 1 bldg. 12 Leninskiye Gory, Moscow, 119991, Russian Federation, tel.: +7 (495) 939 48 14  
E-mail: vvt1985@gmail.com

**Olga V. Nikolaeva**, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, The Faculty of Soil Science, Lomonosov Moscow State University; 1 bldg. 12 Leninskiye Gory, Moscow, 119991, Russian Federation, tel.: +7 (926) 588-33-98  
E-mail: olgamsu@yandex.ru

**Polina A. Pilgun**, Student of School of Applied Economics and Commerce, MGIMO University; 76 Prospect Vernadskogo, Moscow, 119454, Russian Federation.  
E-mail: polynap@mail.ru

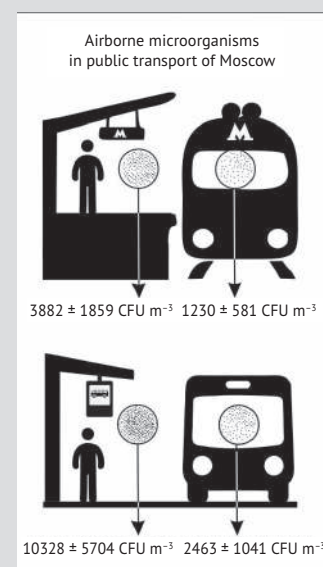
#### Abstract

This article analyzes airborne microorganisms in Moscow public transport and identifies factors affecting their quantitative and group composition. The sedimentation method based on gravitational settling of air-suspended particles on an agar medium was applied. Microorganisms were distinguished: 1) saprotrophic bacteria (B25); 2) potentially pathogenic bacteria (B37) 3) mycelial fungi (MF). Air sampling was carried out on 4 metro lines and 4 bus routes inside buses and trains and on platforms and bus stops. The number of microorganisms in the air of buses ( $2463 \pm 1041 \text{ CFU m}^{-3}$ ) was twice that in the air of trains ( $1230 \pm 581 \text{ CFU m}^{-3}$ ). The outdoor air at bus stops ( $10328 \pm 5704 \text{ CFU m}^{-3}$ ) and on subway platforms ( $3882 \pm 1859 \text{ CFU m}^{-3}$ ) had a significantly higher content of microorganisms compared to the indoor air. Inside vehicles B25 was found in the largest numbers, there were smaller numbers of B37 and MF had the smallest numbers. The quantity of microorganisms inside transport complied with the Russian subway regulations; but on platforms and at bus stops it was significantly higher. The levels of air pollution based on EU regulations were identified (bacteria/fungi): medium/low – inside; high/low – on platforms; high/high – at bus stops. The dominant factor affecting the number of microorganisms inside transport is the number of microorganisms in the ambient air of the urban environment. Significant correlations with air temperature, the duration of the route and the number of people in the vehicle were not detected.

**Takeaway for practice:** This article will be useful for specialists in urban studies, as it reflects the connections between the organization of urban spaces and the number of microorganisms in the air. Such measures as open soils and ground fixing with grass cover, the protection of lawns from the unauthorized parking of vehicles and foot traffic, and the minimization of inefficient engineering activities in the city will help reduce the level of dust and the microbiological pollution of urban air.

**Key words:** microbiological quality of air; airborne bacteria; airborne fungi; public transport; underground railway; bus; urban dust

**Citation:** Tikhonov V., Nikolaeva O., Pilgun P. (2018) Quantity of Airborne Microorganisms in Public Transport of Moscow in Winter Period. *Urban Studies and Practices*, vol. 3, no 3, pp. 36–47 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.17323/usp33201836-47>



#### Graphical abstract

The concept of the picture  
© Olga Nikolaeva

Design and realization  
© Sophia Lisovitskaya

## References

- Aluko O., Noll K. (2006) Deposition and Suspension of Large, Airborne Particles. *Aerosol Science and Technology*, vol. 40 (7), pp. 503–513.
- Bogomolova E., Kirtsideli I. (2009) Airborne Fungi in Four Stations of the St. Petersburg Underground Railway System. *International Biodeterioration & Biodegradation*, vol. 63, pp. 156–160.
- Bogomolova E.V. et al. (2012) Mikroskopicheskie griby v vozduшной srede Sankt-Peterburga [Microscopic airborne fungi in Saint-Petersburg]. Saint-Petersburg: Himizdat. (in Russian)
- Bowers R.M. et al. (2011) Sources of Bacteria in Outdoor Air Across Cities in the Midwestern United States. *Appl. Environ. Microbiol.*, vol. 77, pp. 6350–6356.
- Commission of the European Communities (CEC) (1993) Indoor Air Quality and Its impact on Man. Report No. 12. Biological Particles in Indoor Environment. Luxemburg.
- Dnevnik pogody Moskvy [Moscow Weather Calendar]. Available at: <http://www.meteo-tv.ru/> (accessed 13 September 2019). (in Russian)
- Douwes J. et al. (2003) Bioaerosol Health Effects and Exposure Assessment: Progress and Prospects. *Ann Occup Hyg.*, vol. 47 (3), pp. 187–200.
- Dubrovskaya T.A. (1996) Gigienicheskie osnovy optimizatsii vozduшной srody stantsiy metropolitena [Hygienic basis for optimizing the air environment of metro stations]: avtoref. diss. ... kand. med. nauk: spets; 14.00.07 "Gigiena" [abstract. dis. for sci. degree of candidate in med. sciences: 14.00.07 "Hygiene"]. Moskva. (in Russian)
- Fujiyoshi S., Tanaka D. Maruyama F. (2017) Transmission of Airborne Bacteria Across Built Environments and Its Measurement Standards: A Review. *Front Microbiol.*, vol. 8, art. 2336.
- Garrett M.H. et al. (1997) Airborne Fungal Spores in 80 Homes in the Latrobe Valley, Australia: Level, Seasonality and Indoor-outdoor Relationship. *Aerobiologia*, vol. 13, pp. 121–126.
- GN 2.2.6.3538-18 [Russian Federal State Normative]. Predelno dopustimye koncentratsii (PDK) mikroorganizmov-producentov, bakterialnih preparatov i ih komponentov v atmosfernom vozduhe rabochey zony [The maximum allowable concentrations (MPC) of producer microorganisms, bacterial preparations and their components in the ambient air of the work area]. (in Russian)
- GOST R 52539-2006 [State Standard of Russian Federation]. Chistota vozduha v lechebnyh uchrezhdeniyah. Obzhiye trebovaniya – deystvuuyshiy [Air quality in hospitals. General requirements – valid]. (in Russian)
- Ivanova A.E., Marfenina O.E., Danilogorskaya A.A. (2012) Kultiviruemie mikroskopicheskie griby v vozduhe ryada stantsiy moskovskogo metropolitena I mestah naruzhnogo vozduhozabora [Cultivated microfungi in the air of some stations of the Moscow underground system and at the places of air intake]. *Mikologiya i phytopatologiya* [Mycology and phytopatology], vol. 46, no 1, pp. 33–40. (in Russian)
- Janhall S. (2015) Review on Urban Vegetation and Particle Air Pollution – Deposition and Dispersion. *Atmos. Environ.*, vol. 105, pp. 130–137.
- Kicha D.I., Drojjina N.A., Fomina A.V. (2009) Obzhaya gigiena. Rukovodstvo k laboratornym zanyatiyam: uchebnoe posobie [Manual for laboratory exercises on general hygiene: tutorial textbook]. GEOETAR-Media. (in Russian)
- Lee T. et al. (2006) Relationship Between Indoor and Outdoor Bioaerosols Collected with a Button Inhalable Aerosol Sampler in Urban Homes. *Indoor Air.*, vol. 16 (1), pp. 37–47.
- Leung D.Y.C. (2015) Outdoor-indoor Air Pollution in Urban Environment: Challenges and Opportunity. *Front. Environ. Sci.*, vol. 2, art. 69.
- Liu H. et al. (2018) Effect of Air Pollution on the Total Bacteria and Pathogenic Bacteria in Different Sizes of Particulate Matter. *Environ. Pollut.*, vol. 233, pp. 483–493.
- Luksamijarulkul P. et al. Kaewboonchoo O. (2004) Microbial Air Quality in Mass Transport buses and Work-related Illness Among Bus Drivers of Bangkok Mass Transit Authority. *J Med Assoc Thai.*, vol. 87 (6), pp. 697–703.
- Man W.H., de Steenhuisen P. et al. Bogaert D. (2017) The Microbiota of the Respiratory Tract: Gatekeeper to Respiratory Health. *Nat Rev Microbiol.*, vol. 15 (5), pp. 259–270.
- Marfenina O.E., Fomicheva G.M. (2007) Potentsialno patogennye mitselialnye griby v srede obitaniya cheloveka. Sovremennye tendentsii [Potentially pathogenic mycelial fungi in the human environment. Modern tendencies. Modern tendencies]. *Mikologiya segodnya* [Mycology today] / Yu.T. Dyakov, Yu.V. Sergeev (eds), vol. 1. Moscow. (in Russian)
- Micologiya segodnya (2007) [Mycology today] / Yu.T. Dyakov, Yu.V. Sergeev (eds), vol. 1. Moscow. (in Russian)
- MUK 4.2.734-99 [Methodical instructions on methods of control 4.2.734-99]. Mikrobiologicheskiy monitoring proizvodstvennoy srody [Microbiological monitoring of the production environment]. (in Russian)

- Napoli C., Marcotrigiano V., Montagna M. (2012) Air Sampling Procedures to Evaluate Microbial Contamination: A Comparison Between Active and Passive Methods in Operating Theatres. *BMC Public Health.*, vol. 12 (594), pp. 1–6.
- Nikolaeva L.A. (2013) Gigienicheskaya otsenka mikrobnogo zagryazneniya vozduha pomezheniy: uchebno-metodicheskoe posobie / GBOU VPO IGMU Minzdrava Rossii [Hygienic assessment of microbial indoor air pollution: methodical manual / Irkutsk State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation]. Irkutsk: IGMU. (in Russian)
- Omelyanskiy V.L. (1940) *Practicheskoe rukovodstvo po mikrobiologii* [Practical guide on microbiology] / B.L. Isachenko [General editorship of prof. B.L. Isachenko]. Izd. 2-e, pererab. i dop. [2nd edition, revised and supplemented]. Moscow; Leningrad: Izd-vo AN SSSR. (in Russian)
- Oficialniy sait mera Moskvi [Official site of the mayor of Moscow]. Available at: <https://www.mos.ru/news/item/24621073/> (accessed 07 September 2018). (in Russian)
- Pasquarella C., Pitzurra O., Savino A. (2000) The Index of Microbial Air Contamination. *Journal of Hospital Infection*, vol. 46, pp. 241–256.
- Rao C.Y., Burge H.A., Chang J.C.S. (1996) Review of Quantitative Standards and Guidelines for Fungi in Indoor Air. *Journal of the Air & Waste Management Association*, vol. 46, pp. 899–908.
- Robertson C.E., Baumgartner L.K., Harris J.K. et al. (2013) Culture-independent Analysis of Aerosol Microbiology in a Metropolitan Subway System. *Appl. Environ. Microbiol.*, vol. 79, no 11, pp. 3485–3493.
- SanPiN 2.1.3.2630-10 [Sanitary and Epidemiological Rules and Norms 2.1.3.2630-10]. Sanitarno-epidemiologicheskie trebovaniya k organizatsiam, osuzhestvlyayuzhim meditsinskuu deyatelnost [Sanitary and epidemiological requirements for organizations engaged in medical activities]. (in Russian)
- SP 2.5.1337-03 Sanitarniye pravila ekspluatatsiy metropolitenov [Sanitary rules for the operation of subways]. (in Russian)
- Spirn A. (1986) *Air Quality at Street Level: Strategies for Urban Design*. Prepared for: Boston Redevelopment Authority.
- Xu B, Hao J. (2017) Air Quality Inside Subway Metro Indoor Environment Worldwide: A Review. *Environment International*, vol. 107, pp. 33–46.
- Zvyagintsev D.G. (1987) *Pochva i mikroorganizmy* [Soil and microorganisms]. Moscow: Izd-vo Mosk. Un-ta [MSU publishing]. (in Russian)