

АЛЕХАНДРО ТИРАЧИНИ, ОДЕД КАТС COVID-19 И ОБЩЕСТВЕННЫЙ ТРАНСПОРТ:

ТЕКУЩАЯ ОЦЕНКА, ПЕРСПЕКТИВЫ И ПОТРЕБНОСТИ В ИССЛЕДОВАНИЯХ¹

Александр Тирачини, доцент отделения гражданского строительства, Чилийский университет; Chile, Santiago, Beauchef 850.

E-mail: alejandro.tirachini@ing.uchile.cl

Одед Катс, доцент отделения транспорта и проектирования, содиректор Лаборатории умного общественного транспорта (Smart Public Transport Lab), Делфтский технический университет; Netherlands, 2628 CN, Delft, Stevinweg 1, bldg. 23.

E-mail: o.cats@tudelft.nl

Пандемия COVID-19 представляет собой серьезную проблему для современного общественного транспорта во всем мире, так как является причиной беспрецедентного падения спроса и доходов. В этой статье обобщаются различные ответные меры, принятые правительствами и операторами общественного транспорта в разных странах по всему миру, и проясняется потребность в исследованиях минимизации риска заражения в общественном транспорте в период после локдауна. Хотя в ряде стран ставка сделана на соблюдение физического дистанцирования (что ставит под сомнение саму концепцию общественного транспорта), последние исследования показывают, что в закрытых средах, таких как общественный транспорт, вероятность заражения значительно снижается за счет правильного использования защитных масок. Возможные экономические и социальные последствия вспышки COVID-19 в общественном транспорте выходят далеко за рамки вопроса качества обслуживания и рисков для здоровья и влияют на финансовую жизнеспособность, социальную справедливость и устойчивую мобильность населения. Существует риск того, что если сектор общественного транспорта будет восприниматься как плохо приспособленный к функционированию в постпандемических условиях, то может распространиться и, возможно, закрепиться его восприятие как эпидемически опасного места. Поэтому авторы определяют потребности и излагают программу исследований эффективности альтернативных стратегий и сценариев для общественного здоровья, в частности мер по снижению скопления людей в общественном транспорте. Даются обзор и прогноз, позволяющие тем, кто определяет политику в области общественного транспорта, специалистам по планированию и исследователям составить карту текущего состояния дел и потребностей в исследованиях, связанных с воздействием пандемического кризиса на общественный транспорт. Некоторые вопросы требуют безотлагательного внимания, ведь в конечном итоге в некоторых странах на карту поставлено восстановление способности систем общественного транспорта выполнять свою социальную функцию.

Ключевые слова: COVID-19; эпидемия; общественный транспорт; устойчивость; безопасность; способность к восстановлению; здравоохранение

Цитирование: Тирачини А., Катс О. (2019) COVID-19 и общественный транспорт: текущая оценка, перспективы и потребности в исследованиях // Городские исследования и практики. Т. 4. № 4. С. 7–29. DOI: <https://doi.org/10.17323/usp4420197-29>

Введение

Быстрое распространение вируса COVID-19, за считанные недели превратившегося во всемирную пандемию, объясняют гипермобильностью нашего образа жизни, глобализацией, а также транспортной связностью и доступностью Ухани, первого эпицентра вспышки болезни [Musselwhite, Avineri, Susilo, 2020]. За прошедшее время пандемия COVID-19 оказала серьезное влияние на образ жизни и передвижения людей по всему миру — от резкого сокращения авиаперелетов до беспрецедентного роста масштабов удаленной работы. Это стало результатом мер, предпринятых государственными властями (например, ограничения и запреты на пере-

¹ Перевод с английского по изданию: Tirachini A., Cats O. (2020) COVID-19 Public Transportation: Current Assessment, Prospects, Research Needs // Journal of Public Transportation. Vol. 22. No. 1. P. 1–21. CC BY-NC 4.0

движение и закрытие целых секторов экономики), а также индивидуальных решений воздерживаться от поездок, чтобы сократить контакты с другими людьми и риск заражения.

Городской трафик снизился во всем мире, но по-разному для разных видов транспорта: как показывают данные опросов, общественный транспорт понес самые тяжелые потери [Molloy et al., 2020; Astroza et al., 2020]. В некоторых случаях это сопровождалось сокращением предложения услуг и усугублялось восприятием общественного транспорта как способа передвижения, более рискованного, чем частный или личный транспорт, из-за возможного, а иногда и неизбежного более тесного контакта с другими людьми как в самих транспортных средствах, так и при использовании его инфраструктуры. На рис. 1 показана динамика загрузки узлов общественного транспорта на основе данных Google Mobility Reports. Базовый показатель для сравнения — медианное значение для соответствующего дня недели на протяжении пяти недель с 3 января по 6 февраля 2020 года [Google, 2020].

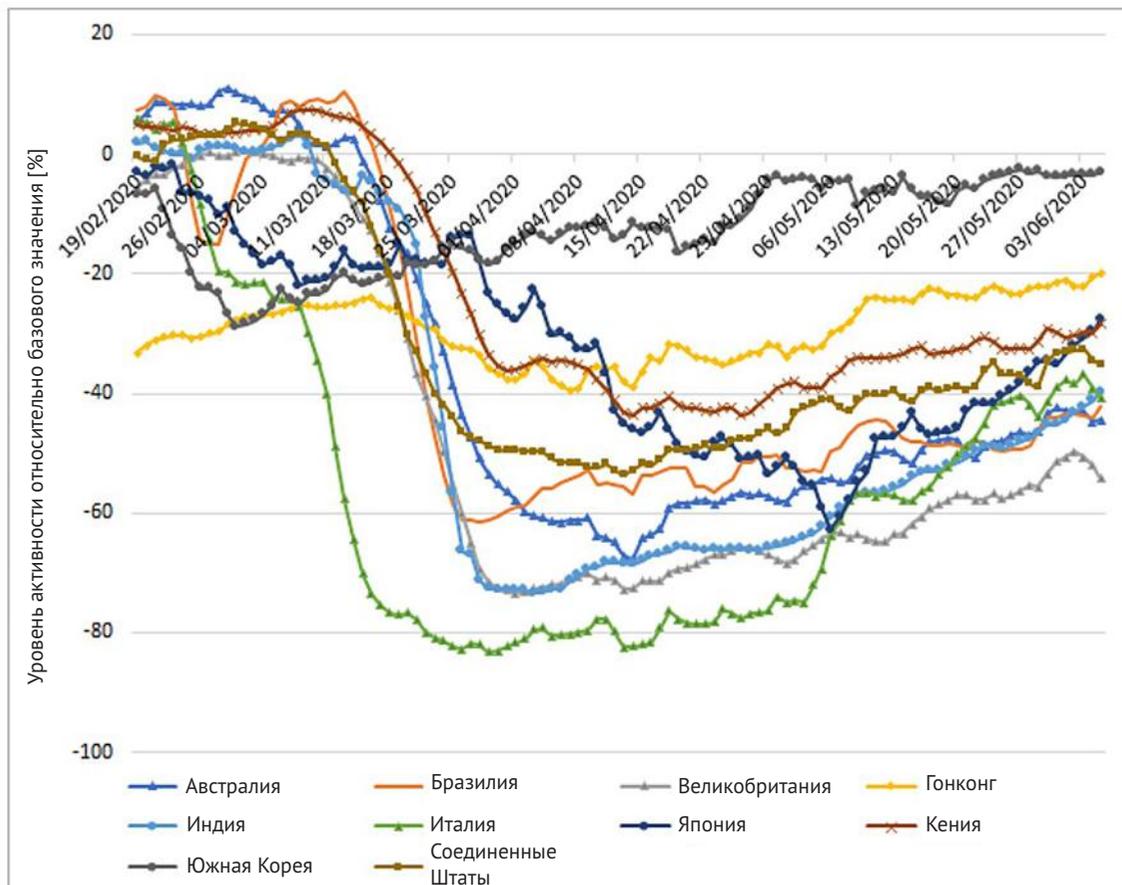


Рис. 1. Динамика использования узлов общественного транспорта (автобусные и железнодорожные вокзалы и станции метро); пятидневная скользящая средняя с 15 февраля по 5 июня 2020 года

Источник: данные Google Mobility Reports.

Тот факт, что носитель нового коронавируса COVID-19 становится распространителем инфекции задолго до появления у него каких-либо симптомов [Javid, Weekes, Matheson, 2020; Ferretti et al., 2020], вызывает особую тревогу ввиду опасности распространения вируса в общественных местах. На станциях общественного транспорта и в транспортных средствах повышению риска заражения COVID-19 способствуют несколько факторов [UITP, 2020]:

1. Люди находятся в ограниченном пространстве. Риск заражения увеличивается с увеличением наполняемости транспортных средств и станций. С началом пандемии COVID-19 дискомфорт, связанный с поездкой в переполненных автобусах или поездах, увеличился из-за дополнительного риска заражения потенциально смертельным вирусом, против которого еще не было вакцины.

2. Возможности для выявления зараженных пассажиров или сотрудников крайне ограничены.
3. Наличие множества поверхностей, таких как сиденья, поручни, двери и билетные автоматы, через которые легко может передаваться инфекция.

И все же есть способы снизить или устранить риски, связанные со всеми этими факторами, и они будут рассмотрены в этой статье. Более того, неясен уровень риска заразиться COVID-19 при использовании общественного транспорта по сравнению с аналогичным риском при посещении прочих общественных мест, поскольку на определение фактических уровней риска в различных средах влияет взаимодействие несколько переменных.

Рекомендации властей по поводу использования общественного транспорта в условиях пандемии COVID-19 во всем мире заметно различались. С одной стороны, власти прямо призывали ограничить использование общественного транспорта. В Великобритании однозначно рекомендуют: «По возможности избегайте использования общественного транспорта» и «Прежде чем пользоваться общественным транспортом, убедитесь, что любыми другими видами транспорта воспользоваться не получится» [DfT, 2020]. Правительство Нидерландов тоже советует пользоваться общественным транспортом «только в том случае, если это действительно необходимо и у вас нет других транспортных средств; также по возможности избегайте поездок в пиковое время» [Rijksoverheid, 2020]. В Соединенных Штатах работодателям рекомендовано «предлагать сотрудникам стимулы к использованию таких видов транспорта, которые сводят к минимуму тесный контакт с другими людьми (например, передвижение пешком или на велосипеде, поездки на личном автомобиле в одиночку или с членами семьи)» [CDC, 2020b]. Такие рекомендации могут дополняться строгими правилами физического дистанцирования. Например, в мае 2020 года в Новом Южном Уэльсе, Австралия, максимальное число пассажиров, перевозимых в стандартных городских автобусах и вагонах поездов, было ограничено 12 и 32 пассажирами соответственно [Terrill, 2020].

С другой стороны, в некоторых странах, особенно в Азии, власти не вводили строгих ограничений и не давали строгих рекомендаций. В ряде городов Китая наполняемость автобусов уменьшили только до 50%, что позволило занимать все сидячие места, при этом выполнение требований наполняемости контролируется видеонаблюдением в салоне [Wong, 2020]. В поездках метро на Тайване и в Южной Корее — в странах, где в общественных местах обязательно использование масок, а вспышка COVID-19 в значительной степени сдерживается, — в пиковые часы наблюдается высокая загруженность, значительно превышающая ту, при которой возможно соблюдать рекомендованную физическую дистанцию (1–2 м между людьми). Более того, при открытии экономики Сингапура после локдауна правительственное управление по противодействию COVID-19 прямо заявило, что с 8 июня массовые мероприятия будут по-прежнему запрещены, но физическое дистанцирование в общественном транспорте не будет обязательным, пока пассажиры носят маски и не общаются друг с другом, чтобы минимизировать риски заражения [How, Thiagarajan, 2020]. Различия в рекомендациях и правилах разных стран в отношении общественного транспорта можно объяснить различиями в текущей ситуации с распространением COVID-19 среди их населения, однако на это, несомненно, влияет гораздо больше факторов. Целесообразность мер, сдерживающих распространение вируса, в каждой стране будет пересматриваться по мере развития пандемии.

В этой статье мы анализируем важные вопросы, касающиеся использования общественного транспорта во время пандемии COVID-19. Некоторые из них позволяют составить представление о палитре принятых в разных странах подходов к использованию общественного транспорта. Мировой пандемический кризис — быстро развивающееся событие с быстро растущим, но ограниченным и неубедительным корпусом научных данных по ключевым вопросам, касающимся путей передачи вируса и эффективности мер профилактики. Мы проанализируем доступные на начало июня 2020 года данные о нескольких факторах, имеющих отношение к общественному транспорту в условиях пандемии COVID-19. Затем, опираясь на эту информацию, мы предложим исследовательскую повестку.

Некоторые из обсуждаемых тем относятся к периоду первоначального кризиса или локдауна, когда федеральные власти, правительства штатов и местные власти предпринимали широкомасштабные меры по сдерживанию распространения вируса, обычно подразумевающие запрет всех поездок, за исключением абсолютно необходимых, для всех лиц и любых транспортных средств. Тем не менее большая часть поднятых нами вопросов будет связана

с периодом после локдауна, который в общих чертах определяется как фаза, когда острая часть кризиса миновала и люди постепенно возвращаются к делам, приостановленным ранее из-за COVID-19. Этот постизоляционный период может быть достаточно долгим, поскольку, как ожидается, он будет длиться до тех пор, пока среди населения не будет достаточно людей с иммунитетом. Более того, нет уверенности в том, что после первого кризиса нас не ждут новые волны широкого распространения инфекции.

Последствия COVID-19 и новые правила использования общественного транспорта

Введение правила физического дистанцирования

Респираторные инфекции вроде COVID-19 передаются воздушным путем через капли (от 5 до 10 мкм) и аэрозоли (менее 5 мкм), выдыхаемые инфицированными людьми при дыхании, разговоре, кашле и чихании [Prather, Wang, Schooley, 2020]. Хотя относительно разных путей заражения COVID-19 все еще сохраняется неясность [Leung et al., 2020; Han et al., 2020], передача воздушно-капельным путем в закрытых помещениях подтверждена рядом авторов [Morawska, Cao, 2020; Shen et al., 2020; Prather, Wang, Schooley, 2020; Buonanno, Stabile, Morawska, 2020]. Следовательно, нахождение в закрытых помещениях, как правило, опаснее, чем на открытом воздухе [Nishiura et al., 2020; Qian et al., 2020]. В воздухе помещений аэрозоли могут накапливаться и часами оставаться заразными [Prather, Wang, Schooley, 2020], что во время пандемии COVID-19 является серьезнейшей проблемой для общественного транспорта и возвращения людей к повседневной деятельности в других закрытых помещениях. Например, в рекомендациях по возобновлению деятельности на рабочих местах подчеркивается важность естественной вентиляции, фильтрации воздуха и соблюдения сотрудниками строгих правил гигиены — и это помимо очистки и дезинфекции контактных поверхностей и ряда других действий [CDC, 2020b].

Физическое дистанцирование (также называемое социальным дистанцированием) возникло как одна из наиболее широко применяемых нефармацевтических мер предотвращения передачи COVID-19. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) рекомендует держаться на расстоянии не менее 1 м от других людей [WHO, 2020b], в то время как некоторые национальные организации здравоохранения считают необходимым физическое расстояние в 2 м, чтобы снизить риск передачи инфекции [CDC, 2020a]. Было установлено, что расстояние не менее 1 м значительно снижает вероятность заражения [Chu et al., 2020]. Среди нефармацевтических профилактических мер рекомендации по физическому дистанцированию являются наиболее важными и последовательными для работы общественного транспорта, притом того, что физическое дистанцирование существенно снижает провозную способность транспортных средств и инфраструктуры. Оно попросту противоречит концепции общественного транспорта [Musselwhite, Avineri, Susilo, 2020].

Текущие исследования показывают, что общий совет держаться на расстоянии 1, 1,5 или 2 м от других людей в качестве меры предосторожности работает на открытом воздухе и при кратковременном контакте, но в случае закрытых помещений эффективность дистанцирования под вопросом, поскольку зарегистрированы случаи передачи инфекции от зараженных людей здоровым и на расстояниях, превышающих 2 м. Исследователи [Shen et al., 2020] описывают случай в январе 2020 года в Нинбо, Китай, когда один бессимптомный инфицированный за две 50-минутные поездки передал вирус 22 из 67 пассажиров, ехавших с ним в одних автобусах. Сами пассажиры при этом были без масок. Текущие исследования подтверждают, что продолжительность контакта тоже важна [Prather, Wang, Schooley, 2020; SAGE, 2020], однако на момент написания этой статьи все еще неизвестно, как в зависимости от этой продолжительности растет вероятность заражения. Этот показатель особенно важен для использования общественного транспорта, чтобы иметь возможность оценить неизбежные риски длительных поездок по сравнению с короткими поездками. В целом не вызывает сомнений, что без использования средств персональной защиты, частой уборки и вентиляции общественный транспорт по всем пунктам окажется главным распространителем вируса: это закрытая среда, в которой люди могут находиться в течение длительного времени. В таком случае физическое дистанцирование может снизить количество инфицированных, но само по себе оно не поможет остановить его распространение, если не будет дополнено другими мерами вроде общеобязательного ношения защитных масок.

Использование защитных масок

Использование медицинских масок лицами, не имеющими симптомов заболевания, в качестве меры по сдерживанию распространения вируса было предметом дискуссий особенно в первые месяцы пандемии [Javid, Weekes, Matheson, 2020; Greenhalgh et al., 2020]. Аргументы против требования широкого использования защитных масок включали вначале указание на нехватку доказательств их эффективности, повсеместное неправильное использование из-за отсутствия инструкций по ношению и более высокую вероятность рискованного поведения со стороны тех, кто носит маски [Greenhalgh et al., 2020]. В первые несколько месяцев пандемии ВОЗ рекомендовала использовать защитные маски только людям с респираторными симптомами и медицинским работникам [WHO, 2020b]. Однако 5 июня 2020 года ВОЗ пересмотрела свои рекомендации, призвав всех использовать немедицинские (тканевые) маски в общественных местах, в том числе в общественном транспорте, а уязвимые группы населения перейти на медицинские маски [WHO, 2020a]. Вслед за ВОЗ Центр по контролю и профилактике заболеваний США также поначалу рекомендовал не использовать защитные маски, но в апреле 2020 года пересмотрел эту рекомендацию и предложил использовать в общественных местах тканевые маски [CDC, 2020a], очевидно, из-за нехватки хирургических масок и вместо них [Greenhalgh et al., 2020]. Исследования эффективности разных тканей для фильтрации аэрозольных частиц [Konda et al., 2020] показали, что при использовании нескольких слоев и при сочетании разных тканей (например, хлопок и шелк, хлопок и шифон) уровень фильтрации может быть сопоставим с таковым у медицинских масок.

Хотя во многих странах преобладали сомнения относительно необходимости повсеместного использования масок, особенно в первые месяцы кризиса, последние исследования показывают, что ношение масок имеет решающее значение для сдерживания COVID-19. Защитные маски могут значительно снизить количество вируса в выдыхаемом воздухе [Chu et al., 2020; Leung et al., 2020], особенно в случае бессимптомных носителей и людей с легкими симптомами [Prather, Wang, Schooley, 2020]. Установлено, что фильтрующая способность тканевых масок составляет более 80% для частиц <300 нм и более 90% для частиц > 300 нм, особенно если используются комбинации из обычных тканей, включая хлопок, шелк, шифон и фланель [Konda et al., 2020]. Поскольку возможный положительный эффект в области общественного здоровья, вероятно, в значительной степени перевешивает связанные с этим риски, «принцип предосторожности» теперь требует широкого использования защитных масок во время пандемии [Greenhalgh et al., 2020; Javid, Weekes, Matheson, 2020]. Эпидемиологические данные свидетельствуют, что страны, эффективно сдерживающие распространение вируса, — например, Тайвань, Япония, Гонконг, Сингапур и Южная Корея, — ввели всеобщее требование носить маски [Prather, Wang, Schooley, 2020]. Кроме того, имитационные модели предсказали, что широкое применение защитных масок населением эффективно снижает смертность от COVID-19 на уровне города или страны [Eikenberry et al., 2020; Ngonghala et al., 2020]. Обучение правильному использованию масок так же важно, как и обеспечение того, чтобы их носили все, потому что неправильно надетая маска снижает эффективность фильтрации аэрозолей на 60% [Konda et al., 2020].

Таким образом, накопленные данные свидетельствуют, что использование защитных масок в общественном транспорте может быть эффективным способом остановить передачу вируса только в том случае, если используются надлежащие маски и люди знают, как их надевать и как правильно обращаться с ними. Кампания за ношение защитных масок должна обеспечивать и доступность масок для населения, и информирование людей о способах их использования. Устройства защиты глаз тоже снижают вероятность заражения COVID-19 [Chu et al., 2020], хотя, конечно, их использование нигде не делалось обязательным для всех пассажиров общественного транспорта. Ношение защитных щитков может быть одной из мер защиты работников общественного транспорта с повышенным риском заражения, таких как водители автобусов.

Гигиена, дезинфекция и вентиляция

Что касается усиленных требований по гигиене и уборке, то было обнаружено, что на различных типах поверхностей, включая пластик и нержавеющей сталь, вирус COVID-19 остается разным от нескольких часов до нескольких дней [Fa-Chun et al., 2020; van Doremalen et al., 2020]. Следовательно, физический контакт с загрязненной поверхностью является потенциальным

способом передачи COVID-19. Это подразумевает необходимость в качестве рекомендуемой профилактической меры частой санитарной обработки поверхностей, к которым прикасаются пассажиры, как в салонах транспортных средств, так и на станциях. Дезинфекция транспортных средств и станций общественного транспорта получила широкое распространение во всем мире, хотя и будучи разного уровня интенсивности в зависимости от степени организованности и ресурсов конкретных транспортных операторов. В некоторых инструкциях уже рекомендуют принять усиленные гигиенические меры для работников общественного транспорта, причем не только в самих транспортных средствах и на станциях, но также в раздевалках, переговорных комнатах и офисах [GIZ, 2020; UITP, 2020]. Строгих оценок результативности этих мер нет, но они очень нужны. В посткарантинный период, возможно, потребуется сохранить элементы личной защиты и гигиенические меры, чтобы успокоить персонал и пассажиров и поддержать доверие к системе общественного транспорта, даже если риск инфицирования будет считаться низким [UITP, 2020]. Соответствующая информация должна постоянно доводиться до пассажиров и включать стандарты поведения и гигиены, методы правильного использования средств индивидуальной защиты и требование не пользоваться общественным транспортом, если у пассажира проявляются такие симптомы, как повышенная температура тела и кашель [GIZ, 2020].

Все еще неясно, может ли использование систем кондиционирования воздуха способствовать распространению вируса COVID-19 и приводить к его передаче на большем расстоянии от источника заражения. Скорее всего, все зависит от использования рециркулируемого воздуха. Согласно некоторым данным, системы кондиционирования могут играть определенную роль в заражении в закрытых помещениях, например в ресторанах [Jianyun et al., 2020]. Центр по контролю и профилактике заболеваний США рекомендует использовать системы вентиляции/кондиционирования воздуха с отключенной рециркуляцией [CDC, 2020c]. В качестве профилактической меры обычно рекомендуется частое проветривание закрытых пространств вроде салонов общественного транспорта [Buonanno, Stabile, Morawska, 2020; CDC, 2020c; SAGE, 2020], что особенно актуально для водителей, которые проводят в своих транспортных средствах по несколько часов подряд. В Великобритании в отсутствие специальных инструкций по вентиляции воздуха в общественном транспорте рекомендуется следовать нормативам по скорости вентиляционного потока для зданий, которая составляет 8–10 л/сек./чел. (литров в секунду на человека) свежего воздуха без рециркуляции [SAGE, 2020].

Экономические и социальные последствия эпидемии COVID-19 для систем общественного транспорта

Финансовые потери

За считанные недели пандемия COVID-19 переросла в крупнейший экономический кризис для системы общественного транспорта за многие десятилетия. Резкое снижение спроса на общественный транспорт из-за пандемии сочеталось с возросшими издержками из-за новых стандартов гигиены и уборки. В этих условиях многие предприятия общественного транспорта испытывают финансовые трудности и вынуждены обращаться за помощью к правительствам. Крупнейшее агентство общественного транспорта США, Управление городского транспорта Нью-Йорка, запросило помощь в размере 4 миллиардов долл. в связи с пандемией COVID-19 [Goldbaum, 2020]. В других странах, таких как Чили, правительство согласилось компенсировать автобусным операторам в столице страны Сантьяго снижение спроса на их услуги (до 80%) [DF, 2020]. Правительство Нидерландов выделило 1,5 миллиарда евро на компенсацию Нидерландским железным дорогам (NS) и трем операторам городского общественного транспорта в Амстердаме, Гааге и Роттердаме [NOS, 2020]. Правительство Швеции перечислило 3 миллиарда шведских крон на покрытие общенациональных потерь в выручке от продажи билетов [Sverigesradio, 2020]. Дополнительная проблема для операторов, ищущих финансовой помощи, заключается в том, что пандемия COVID-19 негативно влияет на доступность государственных средств в целом, учитывая, что правительства сталкиваются с большим количеством социальных нужд, требующих финансовой поддержки (например, увеличение количества безработных, риски массовых банкротств малого бизнеса, рост расходов на больницы и здравоохранение), и при этом ожидают снижения налоговых поступлений. В этих условиях общественный

транспорт вынужден конкурировать за финансовую поддержку с рядом других социальных нужд.

По части оплаты проезда новые правила использования общественного транспорта тоже могут иметь нежелательные последствия и вести к сокращению доходов. Там, где водители физически не отделены от пассажиров, может быть организована обязательная посадка через заднюю дверь во избежание контакта между водителями и пассажирами. Эта система применяется в таких городах, как Сантьяго и Монреаль, а также в Нидерландах с марта 2020 года. Но в системах, в которых посадка пассажиров через переднюю дверь была предусмотрена для оплаты проезда, посадка через заднюю дверь сопряжена с финансовыми рисками и подталкивает или вынуждает пассажиров не оплачивать проезд. Вдобавок из-за повышенного риска заражения может оказаться невозможной традиционная работа контролеров, которые проверяли наличие у пассажиров действительных разовых или проездных билетов [UITP, 2020]. Это может привести к увеличению случаев уклонения от оплаты проезда, если нет альтернативного способа оплаты.

Самая большая проблема, с которой придется столкнуться из-за снижения спроса и связанных с этим финансовых потерь, — возможность банкротства поставщиков услуг общественного транспорта, если не будут предприняты меры по их спасению. Одни страны могут располагать средствами для поддержки общественного транспорта, у других стран таких средств может не быть. В странах с низким уровнем доходов и в развивающихся странах общественный транспорт обычно либо не регулируется вообще, либо регулируется очень плохо, не соблюдает надлежащих стандартов безопасности и гигиены и не получает государственных субсидий. В таких странах доход водителя напрямую зависит от ежедневного количества пассажиров [Tirachini, 2019; Gwilliam, 1999]. Финансовое положение таких систем и людей, занятых предоставлением услуг общественного транспорта, в значительной степени зависит от продолжительности пандемического кризиса, связанного с COVID-19.

Социальная справедливость

Дистанционная работа из дома во время пандемии в основном является привилегией сотрудников с более высокими доходами, о чем свидетельствуют данные из разных стран, включая США [Valentino-DeVries, Lu, Dance, 2020], Канаду [Tanguay, Lachapelle, 2020] и Чили [Astroza et al., 2020; MOVID-19, 2020]. На основе данных опроса 20 000 респондентов в Германии, Великобритании и США исследователи [Adams-Prassl et al., 2020] пришли к выводу, что менее образованные работники и женщины более остро испытывают негативные последствия пандемии для рынка труда. Ожидается, что долгосрочные последствия пандемического кризиса усилят неравенство не только внутри стран, но и между странами из-за различия имеющихся у них возможностей для восстановления от кризиса [The Economist, 2020].

В этом контексте мечта об общественном транспорте как двигателе социальной интеграции, а не социальной сегрегации, кажется сегодня далекой как никогда. В связи с пандемией COVID-19 люди отказываются от общественного транспорта, но эта тенденция неравномерна: представители групп с более высокими доходами чаще перестают пользоваться общественным транспортом. Недавнее исследование, сравнивающее поездки, совершенные за неделю до начала коронавирусного кризиса в Сантьяго, с поездками в первую неделю после введения общенациональных мер по сдерживанию распространения вируса в марте 2020 года показало, что люди из семей с более высокими доходами были самой большой группой, прекратившей пользоваться общественным транспортом. Если для семей с самыми низкими доходами количество поездок на общественном транспорте сократилось на 30–40%, то для семей с самыми высокими доходами оно снизилось более чем на 70% [Tirachini et al., 2020]. Эти цифры являются количественным подтверждением тезиса, что общественным транспортом перестают пользоваться в основном те, у кого есть такая возможность — работать из дома, иметь средства для оплаты альтернативных видов транспорта и совершать покупки в интернете, — в то время как те, кто продолжает пользоваться общественным транспортом, — это в основном люди с более низкими доходами. Эта разница в скорости адаптации транспортного поведения между разными социальными группами, вероятно, в некоторой степени сохранится и в посткризисный период. Следовательно, улучшение общественного транспорта сегодня, более чем когда-либо, является вопросом социальной справедливости.

Устойчивая мобильность

Резкое сокращение спроса на общественный транспорт из-за соблюдения мер физического дистанцирования и опасения заразиться поднимает ряд вопросов об устойчивости городской мобильности в будущем. Разработка плана по обеспечению безопасности общественного транспорта в переходный период (после снятия локдауна), который, вероятно, будет достаточно продолжительным (пока иммунитет к вирусу не станет широко распространенным), требует ряда скоординированных действий со стороны политиков, операторов общественного транспорта, его сотрудников и пользователей. Цель должна заключаться в том, чтобы общественный транспорт был максимально безопасным и мог оказывать услуги и привлекать не только тех пассажиров, у которых нет реальной альтернативы.

Если автобусы и поезда в эпоху COVID-19 выходят на маршруты практически пустыми, то доводы об экономической и экологической эффективности общественного транспорта перестают работать, и единственным аргументом остается необходимость обеспечивать передвижение тем, кто вынужден совершать поездки, потому что общественный транспорт — это единственный доступный им способ передвижения. Если вводятся новые правила физического дистанцирования и заполняемости транспорта, то необходимо изучать порог спроса (то есть точку окупаемости) ввиду заполняемости общественного транспорта, чтобы сделать автобусы более эффективными, чем личные автомобили, с точки зрения энергопотребления, загрузки дорожного движения и загрязнения окружающей среды. Рассмотрим, например, использование дорожного пространства. До начала пандемии автобусы в Сантьяго перевозили в среднем от 28 до 65 пассажиров (с учетом пиковых и внепиковых периодов), в то время как автомобили имели среднюю наполняемость от 1,4 до 1,5 пассажира на автомобиль [SECTRA, 2013]. Таким образом, с учетом эквивалентности в плане машиномест двух-трех автомобилей автобусу, те, кто пользуется автомобилями, занимают в 10–15 раз больше места на дороге, чем те, кто пользуется автобусами. Тогда даже при значительном снижении средней заполняемости автобуса он остается более эффективным способом использования дорожного пространства, чем личный автомобиль.

Движение вперед: направления политики и программа исследований

Ниже мы определим и обсудим ключевые направления возможной политики, а также области, в которых нам требуется больше данных. В этом разделе мы составим программу исследований, которые должны устранить выявленные пробелы в наших знаниях, обсудим вопросы, касающиеся требований здравоохранения, и меры по предотвращению скопления людей в общественном транспорте.

Учет факторов общественного здоровья при транспортном планировании

Включение факторов здравоохранения в планирование обслуживания

Пассажирские перевозки, при которых люди используют одни и те же объекты инфраструктуры и транспортные средства, особенно опасны с точки зрения распространения вируса, если не принимаются надлежащие меры. Это особенно актуально для массового общественного транспорта, где множество пассажиров из разных пунктов отправления едут в разные пункты назначения в условиях большого одновременного скопления людей. Какие издержки должна нести система общественного транспорта — в форме профилактических мер и увеличения времени работы, — чтобы снизить риски для здоровья населения, связанные с инфекцией? Хотя пандемия и вызывает беспокойство, у общества есть пределы того, сколь многим они готовы пожертвовать ради спасения жизни. Независимо от приемлемого уровня риска это требует принятия моральных решений — ситуация отнюдь не новая в области транспортной политики [Chorus, 2020]. Взять хотя бы решение, куда вкладывать средства — в пересадочную станцию, которая экономит время пассажиров, или в меры безопасности, которые должны снизить риск несчастных случаев со смертельным исходом. Кроме того, в случае принятия решений в контексте COVID-19 это предполагает компромисс между абстрактными, но серьезными рисками и неудобствами для многих пассажиров. Поэтому необходимо разрабатывать методы

принятия обоснованных решений, и нужны специалисты, способные довести как до сведения лиц, принимающих решения, так и до общественности, информацию о возникающих дилеммах и принимаемых решениях.

Физическое дистанцирование в общественном транспорте

В период локдауна сложился консенсус, что следует минимизировать любые поездки, разрешив только абсолютно необходимые или неизбежные. Теперь, когда после снятия локдауна люди возвращаются к привычным делам, встает вопрос о необходимости соблюдения физического дистанцирования в общественном транспорте. Скучные эмпирические исследования, доступные на настоящий момент, не дают убедительных доказательств эффективности физического дистанцирования в закрытых пространствах, таких как инфраструктура общественного транспорта и сами транспортные средства. Есть некоторые свидетельства в пользу того, что необходимость в физическом дистанцировании в общественном транспорте может быть значительно снижена, если применяются другие нефармацевтические меры, например правильное использование защитных масок, усиление гигиенических мер или даже запрет на разговоры (так в Сингапуре). С одной стороны, если в помещениях заражение из-за воздушного переноса может происходить и на расстоянии более двух метров [Shen et al., 2020; Prather, Wang, Schooley, 2020; Morawska, Cao, 2020; Setti et al., 2020], то риск распространения вируса — без использования средств индивидуальной защиты — сохраняется даже при соблюдении физической дистанции. В присутствии инфицированного пассажира, если не все пассажиры носят маски, физическое дистанцирование может помочь уменьшить количество инфицированных, но не предотвратит заражение полностью. С другой стороны, последние эпидемиологические исследования показывают, что маски эффективны для предотвращения или, по крайней мере, для значительного сокращения распространения вируса [Leung et al., 2020; Prather, Wang, Schooley, 2020; Chu et al., 2020]. Есть примеры систем общественного транспорта, в которых в настоящее время осуществляется перевозка большого количества пассажиров, при этом расстояние между пассажирами менее 2 м, но никаких вспышек COVID-19, обусловленных общественным транспортом, не регистрируется, поскольку все носят защитные маски. Так, например, в Японии. В этой стране недавно было выявлено, что большинство кластеров заражения возникали в тех местах, где люди собираются, едят, пьют, общаются и поют, — в тренажерных залах, барах, залах с живой музыкой и караоке-залах. Ни один из крупных кластеров заражения не был связан с электричками. В качестве одного из возможных объяснений таких результатов Хитоши Оситани выдвинул предположение, что разговоры на близком расстоянии между незнакомцами в общественном транспорте случаются нечасто [Normile, 2020]. Эти результаты вдохновили власти Сингапура не применять строгие правила физического дистанцирования в общественном транспорте, а требовать от пассажиров носить защитные маски и не разговаривать друг с другом.

Хотя влияние обязательного ношения защитных масок на повышение инфекционной безопасности потенциально велико, неизвестно, насколько безопаснее становится транспортное средство или станция общественного транспорта, если разные типы масок (хирургические, тканевые, N95) на разных этапах пандемии носят все пассажиры, а не только часть из них. Это вопрос первостепенной важности, поскольку он может помочь в определении «разумного» уровня наполняемости общественного транспорта, что имеет значительные экономические, эксплуатационные и социальные последствия. Другими словами, если физическое дистанцирование в общественном транспорте не работает должным образом, когда люди не носят средства индивидуальной защиты, то какой должна быть максимальная наполняемость транспортных средств, если все пассажиры используют защитные маски и носят их правильно? Текущий опыт крупных городов Азии, таких как Токио и Сеул, показывает, что в общественном транспорте физическое дистанцирование меньше 1 м хорошо работает при использовании всеми пассажирами защитных масок и высоких стандартах гигиены; однако распространенность вируса в этих местах сейчас неизвестна. Необходимо внимательно изучать эволюцию такого подхода к общественному транспорту, — без необходимости строгого выполнения правил физического дистанцирования, — чтобы понять условия, при которых его можно воспроизвести в других городах по всему миру.

Стоит подчеркнуть, что убедительных количественных данных по риску передачи COVID-19 в общественном транспорте при различных правилах его использования и эксплуатации (включая принятие превентивных стратегий) по-прежнему мало, и ожидается, что в ближайшие месяцы будут возникать новые идеи и подходы. Проблема, возникшая из-за применения новых норм максимальной наполняемости, которые основаны на требованиях к соблюдению физического дистанцирования, — это многогранная проблема, решение которой зависит помимо прочего от использования индивидуальных средств защиты, нормативов санитарной обработки и вентиляции. Однако условия, при которых будет допускаться несоблюдение физического дистанцирования, вероятно, не будут однозначными, ведь некоторые пассажиры не будут (правильно) носить маски. Поэтому далее мы все же будем говорить, что какая-то форма физического дистанцирования нужна, и такое требование уже есть во многих странах.

Компромисс между эффективностью, полезностью и надежностью обслуживания в контексте COVID-19

Как ясно и болезненно продемонстрировал этот кризис, сообщаемость, обеспечиваемая всеми видами транспорта, является не только активом и катализатором обмена идеями и товарами, но и потенциальным катализатором бедствий, таких как пандемия. Надежность системы определяется ее способностью противостоять шоковым внешним воздействиям и восстанавливать свою работоспособность. Предоставление услуг общественного транспорта в эпоху пандемии и после нее предполагает компромисс между полезностью (доступность и уровень предлагаемых услуг), надежностью (риски для здоровья, связанные с поездкой на общественном транспорте) и эффективностью (количество ресурсов, необходимых для предоставления данной услуги). Как это часто бывает, между эффективностью и надежностью есть внутренний конфликт, поскольку последняя требует закладывать больше запаса и держать больше резервов, что подразумевает избыточность при нормальных обстоятельствах. Это вызывает особый стресс, учитывая и без того неблагоприятные финансовые условия, с которыми сталкиваются многие поставщики услуг общественного транспорта во всем мире. В контексте требований по соблюдению мер физического дистанцирования и, следовательно, пониженного стандарта провозной способности, надежное решение будет включать не только неэффективность с точки зрения оператора (то есть требовать дополнительных ресурсов), но также снижение полезности, поскольку приводит к снижению уровня обслуживания в связи с ожидаемой меньшей частотой движения и, следовательно, более длительным временем ожидания в посткризисной фазе.

Измерение устойчивости системы и ее способности восстанавливать функциональность

Учитывая важность систем общественного транспорта в качестве инфраструктуры жизнеобеспечения населения и для общества в целом [Homeland Security, 2010], необходимо разработать меры по смягчению последствий распространения вируса для этих систем, максимально сохранив при этом их функциональность в качестве такой инфраструктуры. Модель «ванны» [McDaniels et al., 2008] может служить концептуальной основой для анализа эволюции производительности системы в случае сбоя. В контексте общественного транспорта производительность системы может быть определена через процент от первоначальной провозной способности, общее число перевезенных пассажиров, общее число пассажиро-километров и общие потери пассажирского времени, обусловленные нарушением работы транспорта. Концептуализация и анализ надежности и отказоустойчивости систем общественного транспорта в основном ограничивались исследованиями производительности доставки, доступности для пассажиров и связности [Jenelius, Cats, 2015; Bešinović, 2020]. Пандемия вызвала системный шок, который, в свою очередь, спровоцировал резкое снижение производительности системы, последствия чего отразились на ее основных функциях. В настоящее время разные регионы мира находятся в разных фазах восстановления. В период восстановления производительность системы растет, хотя нет никаких гарантий, что (1) восстановление системы будет происходить линейно, — возможны осложнения, такие как еще более жесткие ограничительные меры, введенные после так называемой «второй вол-

ны», а (2) производительность системы восстановится до исходного допандемийного уровня (то есть восстановление может идти в сторону «новой нормальности»). Это требует разработки концепций и методов для оценки устойчивости системы с учетом последствий для здоровья населения, а также доступности, равного права на использование, надежности и финансовой жизнеспособности.

Оценка распространения вируса в общественном транспорте

Количественная оценка распространения вируса в системах общественного транспорта и понимание этого процесса важны для оценки последствий альтернативных сценариев и стратегий для общественного здоровья. Поэтому крайне необходимо объединить транспортные и эпидемиологические модели, чтобы проанализировать полученные графы контактов и их пространственные последствия [Barabási, 2014; Colizza et al., 2007]. Сеть контактов — это множество пассажиров, с которыми человек может контактировать во время поездки на общественном транспорте. Транспортная модель присвоит сети обслуживания спрос на поездки, и эти выходные данные будут использоваться в качестве входных данных для эпидемиологической модели, которая затем, исходя из распространения вируса, обновляет состояния разных сегментов населения, которому приписан спрос на поездки. Каждый пассажир в каждый конкретный день может иметь одно из следующих состояний: уязвимый (не инфицирован), инфицирован (и ездит), находится на карантине (инфицирован и не ездит) и иммунный (и снова ездит). Затем пассажирский спрос можно применить к сети для анализа эволюции распространения вируса и получения ключевых показателей эффективности, таких как доля инфицированных пассажиров или количество дней, необходимых для сведения к нулю количества новых заражений. Поскольку для распространения вируса требуется физическая близость к инфицированному пассажиру, важно анализировать траектории движения отдельных пассажиров и возникающие в результате уровни скопления людей. Исследователи показали, как это можно сделать, используя детализированные траектории смарт-карт [Krishnakumari, Cats, 2020]. Они оценили условия образования скоплений людей, с которыми сталкивается каждый пассажир на разных участках пути, и вероятность того, что он окажется в непосредственной близости от инфицированного человека, на основе траекторий тех, кто предположительно был инфицирован. Такие возможности моделирования позволяют тестировать потенциальные последствия разных уровней спроса, предоставления транспортных услуг и предполагаемых характеристик распространения вируса и помогают разрабатывать стратегии выхода из кризиса и обустройства постпандемические реалии.

Отслеживание контактов для снижения риска распространения вирусов в общественном транспорте

Медицинские достижения, такие как тестирование большего числа людей и более быстрая постановка диагнозов, окажут значительное влияние на возможное распространение вируса в общественном транспорте за счет сокращения числа инфицированных пассажиров и, следовательно, снижения риска для здоровья других людей. Отслеживание контактов тоже может способствовать сокращению периода контактирования в случае пассажиров, которые являются потенциальными носителями вируса до постановки диагноза. Правительства во всем мире разрабатывают или внедряют приложения для отслеживания контактов, призванные способствовать этому. В контексте общественного транспорта валидация смарт-карт может использоваться для отслеживания контактов внутри транспортной системы, что было реализовано в метрополитене города Вашингтон, округ Колумбия [Krishnakumari, Cats, 2020]. Пассивно собираемые данные об оплате проезда представляют собой уникальный источник данных для отслеживания контактов и поддерживают идентификацию сетей контактов на основе зафиксированных или предполагаемых траекторий движения пассажиров. В системах, которые требуют только прикладывания проездных карт к терминалам оплаты и/или предполагают оплату на станции (а не внутри транспортного средства), применение методов вывода по посадочной станции и транспортному средству будет иметь важное значение.

Избегание толпы: приспособление к правилам физического дистанцирования

Последствия требования дистанцирования для провозной способности

Сегодня сектор общественного транспорта уделяет особое внимание адаптации к требованиям физического дистанцирования, а также дезинфекции транспортных средств и станций, чтобы соответствовать государственным инструкциям и снизить риски для здоровья населения. Однако, как обсуждалось выше, сейчас нет убедительных доказательств действенности строгого соблюдения правил физического дистанцирования (поскольку в закрытых помещениях 2 м, вероятно, недостаточно, если люди не носят средства индивидуальной защиты, и, кроме того, есть примеры систем общественного транспорта с высокой наполняемостью, в которых все пассажиры соблюдают требования масочного режима и которые показывают хорошие результаты). Требования физического дистанцирования соблюдаются за счет резкого снижения объема предлагаемых услуг и, как следствие, способности системы удовлетворять спрос. Например, если предположить, что пассажиры будут размещаться на платформах и в поездах метро так, чтобы обеспечить минимальное расстояние в 1,5 м друг от друга, то вместимость поездов составит 312 пассажиров, то есть снизится более чем на 80% (случай метрополитена Вашингтона [Krishnakumari, Cats, 2020]). Точно так же при выполнении этого условия максимальная наполняемость стандартного 12-метрового автобуса может составить всего 18–20 пассажиров [GIZ, 2020]. Однако любые новые требования, введенные в начале кризиса, следует пересматривать и переоценивать по мере развития пандемии и появления надежных эпидемиологических данных. Во многих системах увеличение провозной способности за счет увеличения интенсивности движения транспортных средств в часовых или суточных интервалах (как способ уравновесить сокращение вместимости каждого транспортного средства) не является работоспособным вариантом либо потому, что система уже работает на пределе мощности в периоды пиковой нагрузки, либо из-за нехватки ресурсов (отсутствие дополнительных транспортных средств, водителей и операторов). Это может быть особенно сложно в предстоящий период из-за ограниченности бюджетов вследствие сокращения доходов, из-за уменьшения количества доступных водителей по причине самой пандемии или из-за необходимости защищать водителей, находящихся в зоне повышенного риска (например, работники старше 60 лет с хроническими заболеваниями). Вдобавок профсоюзы водителей могут потребовать сокращения рабочего времени и количества смен во время пандемии, чтобы снизить вероятность инфицирования. Возможный абсентеизм сотрудников из-за проблем, связанных с COVID-19, — распространенная проблема операторов общественного транспорта [UITP, 2020].

Реорганизация услуг с целью адаптироваться к преобладающим структурам спроса и ограничениям наполняемости

Услуги общественного транспорта могут перестраивать, чтобы более эффективно и полезно подстроиться под спрос пассажиров с учетом новых, более строгих ограничений наполняемости. Например, могут менять частоту обслуживания, чтобы максимизировать рыночную долю оператора в удовлетворении спроса на перевозки, как в случае Вашингтонского метрополитена [Gkiotsalitis, Cats, 2020]. Эти изменения могут выходить за рамки перераспределения существующих ресурсов и включать в себя изменения в конфигурации; например, путем изменения схем остановок и введения укороченных маршрутов можно лучше скорректировать предложение в соответствии с неравномерной пространственной структурой спроса [Tirachini, Cortés, Jara-Díaz, 2011]. Это требует возможного введения ограничений, связанных с физическим дистанцированием, в разрабатываемые стратегические, тактические и операционные решения, а также учета их последствий.

Неудовлетворение части спроса на поездки может иметь негативные последствия для равенства доступа к мобильности, которые следует оценить и интегрировать в процесс принятия решений. Для удовлетворения спроса, необеспеченного регулярным общественным транспортом, можно прибегать к транспортной услуге «по требованию». Ожидается, что при использовании шеринговыми службами перевозок «по требованию» сформируется только ограниченная сеть контактов [Kucharski, Cats, 2020]. К тому же, помимо перевозки пассажиров,

которые в противном случае были бы лишены транспортного обслуживания, службы «по требованию» предлагают перевозки от двери до двери пользователям, находящимся в группах повышенного риска, например пожилым людям и медицинским работникам. Схемы, по которым компании из сферы совместной мобильности предоставляют эксклюзивные услуги медицинским работникам, уже реализованы в таких странах, как Мексика [Jetty, 2020] и Германия [Carey, 2020].

Эффективное управление при ограниченной наполняемости

Есть несколько способов управлять ограниченными ресурсами. Один из них — позволить, чтобы люди стояли в очереди на посадку, рискуя, возможно, несколько раз получить отказ, прежде чем смогут сесть в транспортное средство. Это не только сильно увеличит время в пути, сделает обслуживание непредсказуемым и приведет к росту неудовлетворенности, но и создаст риски для здоровья населения из-за большого скопления людей в очереди. Альтернативой является ограничение доступа. В зависимости от типа услуги и технологии оплаты проезда можно запустить системы предварительного бронирования перевозки, принуждающие пассажиров путешествовать в определенные временные периоды, или по определенным траекториям, или, что еще лучше, только по конкретным маршрутам. Это поможет в управлении транспортной службой, обеспечит при этом соблюдение требований физического дистанцирования и ограничит количество попутчиков, с которыми пассажиру придется контактировать в течение долгого времени. Разумеется, все это дается ценой ограничения спонтанности передвижений (то есть введения планирования отсрочек). Реализуемость такого решения, вероятно, будет ограничена системами, в которых уже доступны возможности цифрового биллинга и подписки. Доступ может быть основан на установке приоритетов или даже на установке ограничений. Например, может быть введена приоритетная посадка для работников жизненно важных категорий, таких как вспомогательный медицинский персонал и работники тех профессий, которые не могут выполнять свою работу удаленно. Или же оказание услуги будет ограничено, и она станет доступна только работникам жизненно важных отраслей, что несколько смягчит требования социальной справедливости. Могут быть введены ограничения для определенных групп пользователей в определенные периоды времени — например, с 10:00 до 16:00 может быть разрешено пользоваться транспортом только пожилым людям. Такая иерархия приоритетов или ограничения должны устанавливаться местными властями. Альтернативный инструмент управления заполняемостью транспорта — ценообразование. Например, можно предложить большие скидки в непиковые периоды, чтобы стимулировать пассажиров, которые могут изменить время своей поездки, чтобы воспользоваться предложением, — это снизит скопление людей в периоды нехватки мест. Экосистемы «мобильность как услуга» (MaaS) могут сыграть ключевую роль в обеспечении и облегчении беспрепятственного использования различных (новых) режимов, так как предоставят интегрированную платформу для информации и платежей. Кроме того, платформы MaaS могут помочь во внедрении системы бронирования для общественного транспорта и в применении дифференцированных тарифов и приоритетов для разных секторов или групп риска.

Эффективное управление скоплением людей для снижения рисков для здоровья населения

Поскольку сейчас считается, что предпосылкой для заражения является нахождение рядом с носителем вируса COVID-19, управление скоплениями людей имеет первостепенное значение для борьбы с его распространением. Это относится ко всей инфраструктуре общественного транспорта, доступной для пассажиров, включая платформы и переходы к станциям, а также сами транспортные средства, где скопление людей необходимо свести к минимуму на всех этапах поездки: пешее движение до станции/остановки, ожидание, поездка и пересадки. Меры по борьбе со скоплением людей на станциях, такие как входы, переходы и лестницы с односторонним движением, могут помочь изолировать потоки и уменьшить физическое взаимодействие между пассажирами. Точно так же для посадки и высадки из транспортных средств могут использоваться разные двери, хотя эта мера, вероятно, увеличит время простоя на остановках, где ранее была разрешена посадка/высадка из всех дверей [Jara-Díaz, Tirachini, 2013; West, Cats, 2017].

Установка приоритетов в оказании услуг общественного транспорта и меры контроля тоже могут сыграть важную роль в уменьшении скопления пассажиров. В период после локдауна, если не управлять потоками должным образом, могут увеличиться заторы на дорогах из-за миграции людей из общественного транспорта в легковые автомобили. В условиях роста пробок оперативные меры по поддержке общественного транспорта будут как никогда необходимы. Выделенные полосы для автобусов не только сократят расходы операторов и время в пути для пользователей общественного транспорта, но и уменьшат скопление людей в транспортных средствах, на автобусных остановках и станциях. Если парк автобусов останется тем же, сокращение времени в пути будет преобразовано в пропорциональное снижение средней наполняемости в связи с увеличением частоты обслуживания. В то же время, в период пандемии меры по управлению движением для предотвращения скопления людей станут более актуальными, чем когда-либо, поскольку сбои интервалов между рейсами автобусов приводят к необязательной переполненности (за полупустым автобусом едет полный), даже если совокупная провозная способность системы достаточна для удовлетворения спроса на поездки. К стратегиям борьбы со скоплением автобусов относятся задержка выхода на маршрут, пропуск остановок и контроль скорости [Miñoz et al., 2013; Hickman, 2001].

Возможности равномерного распределения спроса на перевозку

Спрос на общественный транспорт обычно является производным спросом, то есть люди используют транспорт ради тех дел, которые им нужно сделать в пункте назначения. Следовательно, снижение уровня загрузки станций и транспортных средств не может быть достигнуто только с помощью мер, ориентированных на управление предложением, но требует также развертывания мер по регулированию спроса. Фактически все эти меры направлены на уменьшение размера и связности сети контактов между людьми, возникающей в результате поездок на общественном транспорте. Наиболее важными мерами являются поощрение работы из дома и воздержания от необязательных поездок. По мере ослабления ограничительных мер после локдауна, неизбежно превышение спроса над предложением в часы пик на фоне сильно сокращенной провозной способности общественного транспорта в связи с требованиями физического дистанцирования. Поэтому очень важно постараться как можно более равномерно распределить во времени и пространстве предоставление населению услуг. Важно координировать стратегии выхода из локдауна разных секторов экономики и общества и попытаться так распланировать ритмы работы, учебы и посещения магазинов, чтобы распределить спрос по более длительному временному промежутку. Это потребует координации между заинтересованными сторонами и будет приносить пользу даже после того, как кризис, связанный с COVID-19, закончится. Несмотря на это, ожидается, что в определенные периоды времени спрос на услуги определенных видов общественного транспорта будет превышать предложение.

Возможная роль средств информирования о наполняемости в уменьшении скопления людей

Информация о наполняемости общественного транспорта становится все более доступной. Некоторые навигационные приложения (например, службы Google Maps Transit, Moovit) предоставляют информацию о наполняемости, интегрируя отзывы пользователей о впечатлениях от загруженности за предыдущие периоды. Более того, приложения, разработанные отдельными поставщиками услуг, такими как Нидерландские железные дороги, Токийские железные дороги и Сингапурские городские автобусы, информируют о загруженности транспортных средств исходя из данных, получаемых в реальном времени (например, с датчиков веса) [Hänseler et al., 2020]. В то же время информирование о скоплении людей на остановках ввиду предстоящих отправок до сих пор весьма ограничено. Нежелание пассажира ехать в переполненном транспорте, вероятно, намного усилится из-за пандемии, что будет выражаться в более интенсивном оттоке клиентов из-за переполненности транспортных средств, чем ранее регистрировалось в исследованиях [Hörcher, Graham, Anderson, 2017; Tirachini et al., 2017; Yap, Cats, van Arem, 2020]. Следовательно, ожидается, что все больше пассажиров будут искать информацию о скоплении людей и исходя из нее корректировать свои планы на поездку. Это может оказаться эффективным средством распределения спроса по доступному предложению.

Ключевая задача будет состоять в том, чтобы гарантировать, что надежность предоставленной информации не будет снижаться из-за чрезмерного оттока пассажиров в ответ на полученную информацию, что противоречит самой ее цели. Это требует создания схем транспортного информирования с опережением спроса, возможно, с заимствованием разработок из сферы легкового транспорта, где эта проблема много изучалась [Dong, Mahmassani, Lu, 2006].

Поведенческие реакции и адаптация пассажиров

Пассажиры могут по-разному адаптировать свое поведение к условиям пандемии COVID-19, локдауну и выходу из него. Основной мотивацией будет избегание контакта с вирусом. В отсутствие более качественного информирования это часто подразумевает избегание скопления людей. Это может повлиять на все решения о передвижении — смена маршрутов на менее загруженные, изменение времени отправления, чтобы избежать пиков, переключение на частные (и желательно личные) средства передвижения, изменение пункта назначения поездки (например, поездки в менее загруженные магазины) или полный отказ от передвижения (например, совершение покупок в интернете). Все эти решения имеют серьезные последствия для паттернов передвижения и пассажирского поведения. Готовность и способность населения осуществлять такую адаптацию значительно различаются в зависимости от личных предпочтений, а также от дохода и состава семьи, возможностей логистики, гибкости рабочего времени, возможности работы из дома, владения цифровыми технологиями и наличия транспортных средств. Все это означает, что есть значительное неравенство индивидов в способности избегать скопления людей, что подтверждается некоторыми предварительными данными.

Заключительные замечания

Пандемия COVID-19 создает серьезные проблемы для систем общественного транспорта во всем мире. В этой статье мы сделали обзор доступных данных, касающихся влияния ряда факторов на снижение или увеличение риска заражения COVID-19 в общественном транспорте, включая уровни загруженности транспортных средств и станций, время контактирования (продолжительность поездки), обязательное использование защитных масок и применение повышенных гигиенических стандартов (включая санитарную обработку и вентиляцию). Продолжающаяся пандемия вынуждает политиков принимать решения в условиях неопределенности.

Абсолютный риск заражения сильно зависит от распространенности заболевания в сообществе в конкретный временной период, поэтому любые ограничения или корректировки использования общественного транспорта должны быть устроены по-разному в зависимости от фазы пандемии. Нужен подробный анализ этого вопроса, который позволит определить уровни заражения, которые делают пользование общественным транспортом все более опасным с точки зрения общественного здоровья. Тем не менее появляются некоторые многообещающие доказательства того, как можно сделать общественный транспорт безопасным или, по крайней мере, значительно снизить риск заражения, особенно в фазу после снятия локдауна. Еще слишком рано делать окончательные выводы, необходимы дополнительные исследования на разных этапах пандемии, чтобы оценить реальный уровень безопасности в общественном транспорте при надлежащих мерах по сдерживанию распространения вируса. Это вопрос первостепенной важности, потому что, если широкими слоями населения общественный транспорт будет восприниматься как небезопасный и вредный для здоровья, он не сможет выполнять те общественные функции, которые призван выполнять, включая доступность, равное право на пользование и надежность. Некоторые вещи, такие как поиск вакцины или снятие условий локдауна, находятся вне сферы контроля сектора общественного транспорта, но многие из упомянутых выше мер входят в основную зону ответственности поставщиков услуг общественного транспорта. Они помогут убедить общественность, что принимаются адекватные меры. В этот период особенно важны открытость, эффективная работа служб по связям с общественностью и соблюдение мер безопасности.

Есть риск того, что, если в общественном восприятии сектор общественного транспорта будет плохо исполнять требования по соблюдению мер двухметрового физического дистанци-

рования, то представление об общественном транспорте как нездоровом закрепится и может сохраниться даже после пандемии, что приведет к формированию новых привычек. Однако нашим обществам необходимы услуги общественного транспорта для процветания и решения ключевых насущных социальных задач. Поэтому крайне важно не способствовать укреплению стереотипа об опасности пользования общественным транспортом для здоровья, — стереотипа, который может пережить пандемию и поставить под вопрос долгосрочные перспективы общественного транспорта.

Благодарности

Авторы благодарят за поддержку ANID Чили (грант PIA/BASAL AFB180003) и выражают признательность Кристобалу Куадрато (Школа общественного здравоохранения, Университет Чили) и трем анонимным рецензентам за комментарии, которые помогли улучшить статью. Ответственность за все высказанные точки зрения и любые допущенные ошибки лежит только на авторах.

Источники

- Adams-Prassl A., Boneva T., Golin M., Rauh C. (2020) Inequality in the Impact of the Coronavirus Shock: Evidence from Real Time Surveys//IZA Discussion Paper Series. No. 13183. IZA – Institute of Labor Economics.
- Astroza S., Tirachini A., Hurtubia R., Carrasco J.A., Guevara A., Munizaga M., Figueroa M., Torres V. (2020) Mobility Changes, Teleworking, Remote Communication during the COVID-19 Pandemic in Chile//Transport Findings. July. Режим доступа: <https://findingspress.org/article/13489-mobility-changes-teleworking-and-remote-communication-during-the-covid-19-pandemic-in-chile> (дата обращения: 30.02.2021).
- Barabási A.-L. (2014) Network Science Spreading Phenomena. Режим доступа: <https://pdfs.semanticscholar.org/5790/86aced0f47981d2c3c85117808fd64c70cc9.pdf> (дата обращения: 30.02.2021).
- Bešinović N. (2020) Resilience in Railway Transport Systems: A Literature Review Research Agenda//Transport Reviews. No. 40 (4). P. 457–78.
- Buonanno G., Stabile L., Morawska L. (2020) Estimation of Airborne Viral Emission: Quanta Emission Rate of SARS-CoV-2 for Infection Risk Assessment//Environment International. No. 141. P. 105794.
- CDC (2020a) Coronavirus Disease 2019 (COVID-19): How to Protect Yourself & Others//Centers for Disease Control Prevention (CDC). Режим доступа: https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/prevent-getting-sick/prevention.html?CDC_AA_refVal=https%3A%2F%2Fwww.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/prevent-getting-sick/prevention.html (дата обращения: 30.02.2021).
- CDC (2020b) Coronavirus Disease 2019 (COVID-19): COVID-19 Employer Information for Office Buildings//Centers for Disease Control Prevention (CDC). Режим доступа: <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/community/office-buildings.html> (дата обращения: 30.02.2021).
- CDC (2020c) Coronavirus Disease 2019 (COVID-19): Protect Yourself When Using Transportation//Centers for Disease Control Prevention (CDC). Режим доступа: <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/daily-life-coping/using-transportation.html> (дата обращения: 30.02.2021).
- Chorus C. (2020) Moral Decisions the Corona Crisis – Insights from the BEHAVE-Research Program//BEHAVE. March 28, 2020. Режим доступа: <http://behave.tbm.tudelft.nl/index.php/2020/03/28/moral-decisions-and-the-corona-crisis-insights-from-the-behave-research-program/> (дата обращения: 30.02.2021).
- Chu D.K., Akl E.A., Duda S., Solo K., Yaacoub S., Schünemann H.J. et al. (2020) Physical Distancing, Face Masks, Eye Protection to Prevent Person-to-Person Transmission of SARS-CoV-2 COVID-19: A Systematic Review Meta-Analysis//The Lancet. Vol. 395 (10242). P. 1973–1987.
- Carey C. (2020) ViaVan Offers Free Rides to Berlin Healthcare Workers//Cities Today. March 25, 2020. Режим доступа: <https://cities-today.com/viavan-offers-free-rides-for-berlin-healthcare-staff/> (дата обращения: 30.02.2021).
- Colizza V., Barthélemy M., Barrat A., Vespignani A. (2007) Epidemic Modeling in Complex Realities//Comptes Rendus Biologies. No. 330 (4). P. 364–374.
- DF (2020) MTT Agrees Payment Mechanism with Former Transantiago Operators Due to Drastic Drop in Revenue//Diario Financiero. Режим доступа: May 22, 2020. Режим доступа: <https://www.df.cl/noticias/empresas/industria/mtt-acuerda-mecanismo-de-pago-con-operadores-del-ex-transantiago-ante/2020-05-19/195247.html> (дата обращения: 30.02.2021).
- DfT (2020) Coronavirus (COVID-19): Safer Travel Guidance for Passengers//Department for Transport, United Kingdom. Режим доступа: <https://www.gov.uk/guidance/coronavirus-covid-19-safer-travel-guidance-for-passengers> (дата обращения: 30.02.2021).

- Dong J., Mahmassani H.S., Lu C.-C. (2006) How Reliable is This Route?: Predictive Travel Time Reliability for Anticipatory Traveler Information Systems//Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board. No. 1980 (1). P. 117–125.
- Eikenberry S.E., Mancuso M., Iboi E., Phan T., Eikenberry K., Kuang Y. et al. (2020) To Mask or not to Mask: Modeling the Potential for Face Mask Use by the General Public to Curtail the COVID-19 Pandemic//Infectious Disease Modelling. No. 5. P. 293–308.
- Fa-Chun J., Xiao-Lin J., Zhao-Guo W., Zhao-Hai M., Shou-Feng S. et al. (2020) Detection of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 RNA on Surfaces in Quarantine Rooms//Emerging Infectious Diseases. No. 26 (9). P. 2162–2164.
- Ferretti L., Wymant C., Kendall M., Zhao L., Nurtay A., Abeler-Dörner L. et al. (2020) Quantifying SARS-CoV-2 Transmission Suggests Epidemic Control with Digital Contact Tracing//Science. No. 368 (6491).
- GIZ (2020) Standard Operating Procedures (SOPs) for Bus Transport Post COVID-19 Lockdown. Режим доступа: <https://www.sutp.org/publications/standard-operating-procedures-sops-for-bus-transport-post-covid19-lockdown/> (дата обращения: 30.02.2021).
- Gkiotsalitis K., Cats O. (2020) Optimal Frequency Setting of Metro Services in the Age of COVID-19 Distancing Measures. Preprint. May 26, 2020.
- Goldbaum C. (2020) M.T.A., Citing Huge Drop in Riders, Seeks \$4 Billion Virus Bailout//New York Times. March 17, 2020. Режим доступа: <https://www.nytimes.com/2020/03/17/nyregion/coronavirus-nyc-subway-federal-aid.html> (дата обращения: 30.02.2021).
- Google (2020) COVID-19 Community Mobility Reports. Режим доступа: <https://www.google.com/covid19/mobility/index.html?hl=en> (дата обращения: 30.02.2021).
- Greenhalgh T., Schmid M.B., Czypionka T., Bassler D., Gruer L. (2020) Face Masks for the Public During the Covid-19 Crisis//BMJ. No. 369. P. 1435.
- Gwilliam K. (1999) Public Transport in the Developing World – Quo Vadis?//International Conference Series on Competition Ownership in Land Passenger Transport - 1999. Cape Town, South Africa – Thredbo 6.
- Han Q., Lin Q., Ni Z., You L. (2020) Uncertainties about the Transmission Routes of 2019 Novel Coronavirus. Letter to the Editor, March 4, 2020//Influenza other respiratory viruses. No. 14 (4). P. 470–471.
- Hänseler F.S., van den Heuvel J.P.A., Cats O., Daamen W., Hoogendoorn S.P. (2020) A Passenger- Pedestrian Model to Assess Platform Train Usage from Automated Data//Transportation Research Part A: Policy Practice. No. 132. P. 948–968.
- Hickman M.D. (2001) An Analytic Stochastic Model for the Transit Vehicle Holding Problem//Transportation Science. No. 35 (3). P. 215–237.
- Homeland Security (2010) Transportation Systems Sector-Specific Plan: An Annex to the National Infrastructure Protection Plan. U.S. Department of Homeland Security.
- Hörcher D., Graham D.J., Anderson R.J. (2017) Crowding Cost Estimation with Large Scale Smart Card Vehicle Location Data//Transportation Research Part B: Methodological. No. 95. P. 105–125.
- How M., Thiagarajan S. (2020) Why You Can Board a Crowded MRT Train but Cannot Meet Your Friends: Lawrence Wong Explains//Mothership. June 8, 2020. Режим доступа: <https://mothership.sg/2020/06/why-still-cannot-see-friends-covid/> (дата обращения: 30.02.2021).
- Jara-Díaz S.R., Tirachini A. (2013) Urban Bus Transport: Open All Doors for Boarding//Journal of Transport Economics Policy. No. 47 (1). P. 91–106.
- Javid B., Weekes M.P., Matheson N.J. (2020) Covid-19: Should the Public Wear Face Masks?//BMJ. No. 369. P. 1442.
- Jenelius E., Cats O. (2015) The Value of New Public Transport Links for Network Robustness Redundancy//Transportmetrica A: Transport Science. No. 11 (9). P. 819–835.
- Jetty (2020) Jetty Supports the Transportation of Hospital Personnel in Toluca. Режим доступа: <https://www.jetty.mx/update/2020/05/25/jetty-ароуо-personal-medico-toluca.html> (дата обращения: 30.02.2021).
- Jianyun L., Jieni G., Kuibiao L., Conghui X., Wenzhe S., Zhisheng L. et al. (2020) COVID-19 Outbreak Associated with Air Conditioning in Restaurant, Guangzhou, China, 2020//Emerging Infectious Diseases. No. 26 (7). P. 1628–1631.
- Konda A., Prakash A., Moss G.A., Schmoldt M., Grant G.D., Guha S. (2020) Aerosol Filtration Efficiency of Common Fabrics Used in Respiratory Cloth Masks//ACS Nano. No. 14 (5). P. 6339–6347.
- Krishnakumari P., Cats O. (2020) Virus Spreading in Public Transport Networks//Working Paper. Transport Institute TU Delft, April 30, 2020.
- Kucharski R., Cats O. (2020) On Virus Spreading Processes in Ride-Sharing Networks. Preprint. SmartPTLab, Department of Transport & Planning, TU Delft.
- Leung N.H.L., Chu D.K.W., Shiu E.Y.C., Chan K.-H., McDevitt J.J., Hau B.J.P. et al. (2020) Respiratory Virus Shedding in Exhaled Breath Efficacy of Face Masks//Nature Medicine. No. 26. P. 676–680.

- McDaniels T., Chang S., Cole D., Mikawoz J., Longstaff H. (2008) *Fostering Resilience to Extreme Events within Infrastructure Systems: Characterizing Decision Contexts for Mitigation Adaptation*//*Global Environmental Change*. No. 18 (2). P. 310–318.
- Molloy J., Schatzmann T., Schoeman B., Tchervenkov C., Hintermann B., Axhausen K.W. (2020) *Observed Impacts of COVID-19 on Travel Behaviour in Switzerland Based on a Large GPS Panel*//*Working paper*. IVT, ETH Zurich.
- Morawska L., Cao J. (2020) *Airborne Transmission of SARS-CoV-2: The World Should Face the Reality*//*Environment International*. No. 139. P. 105730.
- MOVID-19 (2020) *What Has Been the Response of the Population to the Quarantines? The Impact of Inequalities on the Effectiveness of Health Policies*//*National Monitoring of COVID-19 Symptoms Practices in Chile (MOV-19)*. June 9, 2020. Режим доступа: <https://www.movid19.cl/informes/mesasocial3.html> (дата обращения: 30.02.2021).
- Muñoz J.C., Cortés C.E., Giesen R., Sáez D., Delgado F., Valencia F., Cipriano A. (2013) *Comparison of Dynamic Control Strategies for Transit Operations*//*Transportation Research Part C: Emerging Technologies*. No. 28. P. 101–113.
- Musselwhite C., Avineri E., Susilo Y. (2020) *Editorial JTH 16–The Coronavirus Disease COVID-19 Implications for Transport Health*//*Journal of Transport & Health*. No. 16. P. 100853.
- Ngonghala C.N., Iboi E., Eikenberry S., Scotch M., MacIntyre C.R., Bonds M.H., Gumel A.B. (2020) *Mathematical Assessment of the Impact of Non-Pharmaceutical Interventions on Curtailing the 2019 Novel Coronavirus*//*Mathematical Biosciences*. No. 325. P. 108364.
- Nishiura H., Oshitani H., Kobayashi T., Saito T., Sunagawa T., Matsui T., Wakita T., Suzuki M. (2020) *Closed Environments Facilitate Secondary Transmission of Coronavirus Disease 2019 (COVID-19)*//*medRxiv*. Preprint, April 16, 2020.
- Normile D. (2020) *Japan Ends Its COVID-19 State of Emergency*//*Science*. May 26, 2020. Режим доступа: <https://www.sciencemag.org/news/2020/05/japan-ends-its-covid-19-state-emergency> (дата обращения: 30.02.2021).
- NOS (2020) *1.5 Billion Euros in Corona Compensation for Public Transport Companies*. Режим доступа: <https://nos.nl/artikel/2336334-1-5-miljard-euro-coronacompensatie-voor-ov-bedrijven.html> (дата обращения: 30.02.2021).
- Prather K.A., Wang C.C., Schooley R.T. (2020) *Reducing Transmission of SARS-CoV-2*//*Science*. No. 368 (6498). P. 1422–1424.
- Qian H., Miao T., Liu L., Zheng X., Luo D., Li Y. (2020) *Indoor Transmission of SARS-CoV-2*//*medRxiv*. April 7, 2020.
- Rijksoverheid (2020) *Frequently Asked Questions about the Corona Virus Public Transport*. Режим доступа: <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/coronavirus-covid-19/verkeer-openbaar-vervoer-grensstreek/openbaar-vervoer> (дата обращения: 30.02.2021).
- SAGE (2020) *EMG: Transmission Control of SARS-CoV-2 on Public Transport*//*Meeting paper*. May 18, 2020. Environmental Modelling Group (EMG) for Scientific Advisory Group for Emergencies (SAGE), United Kingdom.
- SECTRA (2013) *Measurements of Traffic Capacity Load Profiles in Trunk Services in Santiago*//*Annual Report 2013 prepared by DICTUC*.
- Setti L., Passarini F., De Gennaro G., Barbieri P., Perrone M., Borelli M. et al. (2020) *Airborne Transmission Route of COVID-19: Why 2 Meters/6 Feet of Inter-Personal Distance Could Not Be Enough*//*International Journal of Environmental Research Public Health*. No. 17 (8). P. 2932.
- Shen Y., Li C., Dong H., Wang Z., Martinez L., Sun Z., Handel A. et al. (2020) *Airborne Transmission of COVID-19: Epidemiologic Evidence from Two Outbreak Investigations*. Preprint. Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/340418430_Airborne_transmission_of_COVID-19_epidemiologic_evidence_from_two_outbreak_investigations (дата обращения: 30.02.2021).
- Sverigesradio (2020) *The Government Provides Money So That Public Transport Can Run as Usual*. May 11, 2020. Режим доступа: <https://sverigesradio.se/sida/artikel.aspx?programid=4916&artikel=7470922> (дата обращения: 30.02.2021).
- Tanguay G.A., Lachapelle U. (2020) *Remote Work Worsens Inequality by Mostly Helping High-Income Earners*//*The Conversation*. May 10, 2020. Режим доступа: <https://theconversation.com/remote-work-worsens-inequality-by-mostly-helping-high-income-earners-136160> (дата обращения: 30.02.2021).
- Terrill M. (2020) *Shame about the Cars, but Premier is Right to Be Cautious about Public Transport*//*Sydney Morning Herald*, May 19, 2020. Режим доступа: <https://www.smh.com.au/politics/nsw/shame-about-the-cars-but-premier-is-right-to-be-cautious-about-public-transport-20200518-p54txr.html> (дата обращения: 30.02.2021).
- The Economist (2020) *Covid-19 Threatens Europe's Success at Fighting Inequality*. Режим доступа: <https://www.economist.com/europe/2020/06/06/covid-19-threatens-europes-success-at-fighting-inequality> (дата обращения: 30.02.2021).
- Tirachini A. (2019) *South America: The Challenge of Transition*//*A Research Agenda for Transport Policy*/J. Stanley, D. Hensher (eds.). Cheltenham: Edward Elgar Publishing. P. 118–125.

- Tirachini A., Cortés C.E., Jara-Díaz S.R. (2011) Optimal Design Benefits of a Short Turning Strategy for a Bus Corridor//Transportation. No. 38. P.169–189.
- Tirachini A., Guevara A., Munizaga M., Carrasco J.A., Astroza S., Hurtubia R. (2020) Survey on the Effects of the COVID-19 Pandemic on Mobility, Activities Concerns of People//Report, Complex Engineering Systems Institute (ISCI), Chile. Режим доступа: https://isci.cl/wp-content/uploads/2020/04/Encuesta-Movilidad-ISCI-Abril-2020_v02.pdf (дата обращения: 30.02.2021).
- Tirachini A., Hurtubia R., Dekker T., Daziano R.A. (2017) Estimation of Crowding Discomfort in Public Transport: Results from Santiago de Chile//Transportation Research Part A: Policy Practice. No. 103. P. 311–326.
- UITP (2020) Management of COVID-19: Guidelines for Public Transport Operators//Factsheet, March 2020. International Association of Public Transport (UITP). Режим доступа: <https://www.uitp.org/management-covid-19-guidelines-public-transport-operators> (дата обращения: 30.02.2021).
- Valentino-DeVries J., Lu D., Dance G.J.X. (2020) Location Data Says It All: Staying at Home During Coronavirus Is a Luxury//New York Times. April 3, 2020. Режим доступа: <https://www.nytimes.com/interactive/2020/04/03/us/coronavirus-stay-home-rich-poor.html> (дата обращения: 30.02.2021).
- van Doremalen N., Bushmaker T., Morris D.H., Holbrook M.G., Gamble A., Williamson B.N. et al. (2020) Aerosol Surface Stability of SARS-CoV-2 as Compared with SARS-CoV-1//New England Journal of Medicine. No. 382 (16). P. 1564–1567.
- West J., Cats O. (2017) Individual Synergetic Effects of Transit Service Improvement Strategies: Simulation Validation//Journal of Transportation Engineering, Part A: Systems. No. 143 (12).
- WHO (2020a) Advice on the Use of Masks in the Context of COVID-19: Interim Guidance, 5 June 2020//World Health Organization. Режим доступа: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/332293> (дата обращения: 30.02.2021).
- WHO (2020b) Coronavirus Disease (COVID-19) Advice for the Public//World Health Organization. Режим доступа: <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/advice-for-public> (дата обращения: 30.02.2021).
- Wong Y. (2020) To Limit Coronavirus Risks on Public Transport, Here's What We Can Learn from Efforts Overseas//The Conversation. March 16, 2020. Режим доступа: <https://theconversation.com/to-limit-coronavirus-risks-on-public-transport-heres-what-we-can-learn-from-efforts-overseas-133764> (дата обращения: 30.02.2021).
- Yap M., Cats O., van Arem B. (2020) Crowding Valuation in Urban Tram Bus Transportation Based on Smart Card Data//Transportmetrica A: Transport Science. No. 16 (1). P. 23–42.