

Как беспилотный транспорт меняет облик наших городов?

Алексей Зомарев

Эксперт, Институт экономики транспорта и транспортной политики, aliakseizomarau@gmail.com

Мария Роженко

Доцент, Высшая школа урбанистики, maria_mole@mail.ru

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 101000, Москва, ул. Мясницкая, 11

Аннотация

Появление беспилотных автомобилей на городских улицах из области фантастики давно перешло в разряд перспектив ближайшего десятилетия. Многие страны предпринимают конкретные шаги по внедрению беспилотных технологий вплоть до тестовой эксплуатации пассажирского транспорта и изменения законодательства. Активно обсуждаются новые подходы к организации передвижения пассажиров, переосмысливаются стратегии транспортного планирования: городская транспортная система рассматривается как единое целое, а не совокупность отдельных подсистем (метрополитен, наземный транспорт и др.). Однако место и роль технологии беспилотного передвижения в городской среде исследованы весьма фрагментарно.

В статье предложена методология оценки последствий внедрения технологии беспилотного передвижения в городе на материале существующих планировочных решений Москвы. Городская среда как

объект исследования описывается через совокупность экологических, транспортно-технологических, политических, экономических и социальных показателей, характеризующих дорожно-транспортную ситуацию, потребность в парковочных пространствах, издержки от ДТП, эффективность перевозок, их экологичность, изменение структуры занятости, вовлечение новых пользователей автомобильным транспортом и др. Представлены четыре сценария, различающихся скоростью внедрения беспилотных технологий и развития экономики совместного пользования. Максимальный эффект от усилий в этой сфере в Москве даст проактивная транспортная политика, предусматривающая комплекс требующих исследования мер.

Статья намечает направления дальнейшего изучения роли беспилотных технологий в городе и предлагает практические решения для лиц, ответственных за городскую транспортную политику.

Ключевые слова: беспилотный автомобиль; беспилотные технологии; городская среда; транспортная политика; сценарное прогнозирование; управление транспортной мобильностью; Москва

Цитирование: Zomarev A., Rozhenko M. (2020) Impact of Self-driving Cars for Urban Development. *Foresight and STI Governance*, vol. 14, no 1, pp. 70–84. DOI: 10.17323/2500-2597.2020.1.70.84

Impact of Self-driving Cars for Urban Development

Aleksey Zomarev

Expert, Institute for Transport Economics and Transport Policy Studies, aliakseizomarau@gmail.com

Maria Rozhenko

Associate Professor, Vysokovsky Graduate School of Urbanism, maria_mole@mail.ru

National Research University Higher School of Economics, 11 Myasnitskaya str., Moscow 101000, Russian Federation

Abstract

The advent of self-driving vehicles is no longer just science fiction conjecture but the reality of the coming decade. Various countries have already made real progress in self-driving technologies moving beyond slogans and to meaningful action – multi-country changes in the law, for one thing. Due to the rethinking of the transport planning process and new ways to organize passengers, the urban transport system is considered a single unit, not a set of separated transport subsystems (metro, land transport, etc.). Thus far, however, there has been no extensive study of the potential urban impact of self-driving technologies upon a city and its residents.

This paper presents a methodology for the urban impact assessment of self-driving transportation developed based on an appropriate analysis for the city of Moscow. To that end, the urban environment as a research subject is described as

a set of environmental, transport, technological, economic, social, and regulatory blocks of indicators. We purpose to evaluate these indicators: roads congestion, need for parking spaces, changes in the employment structure, new users of automobile transport, and others.

To estimate the effects on the city, we described four scenarios for the introduction of self-driving cars, differentiated by the speed of technology introduction and the development of co-using economics. To achieve maximal effect of self-driving technology, one needs to adopt a proactive transport policy, including a set of measures defined by a current survey.

The survey is indispensable for future research into the impact of self-driving technology upon a city. Also, the survey has a practical sense for administrations responsibility for urban transport policy.

Keywords: self-driving car; self-driving technology; urban environment; transportation policy; scenario forecasting; transportation and mobility management; Moscow

Citation: Zomarev A., Rozhenko M. (2020) Impact of Self-driving Cars for Urban Development. *Foresight and STI Governance*, vol. 14, no 1, pp. 70–84. DOI: 10.17323/2500-2597.2020.1.70.84

В ближайшее десятилетие прогнозируется массовое распространение беспилотных автомобилей в городах. Технические и экономические аспекты беспилотного транспорта изучаются во всем мире [Hörl et al., 2018], некоторые страны (в частности, США, Германия, Франция, Великобритания) предпринимают практические шаги по адаптации к нему законодательства и правил дорожного движения [Hoyle, 2016; Tomtom, 2017]. Беспилотные автомобили и электробусы тестируются не только на отдельных дорогах стран Евросоюза, но и в целых районах ряда городов [Morgan Stanley, 2013]. Очевидно при этом, что беспилотные автотранспортные технологии относятся к категории подрывных инноваций (*disruptive innovation*) [Christensen, 1997], которые *необратимо* меняют ценности пользования автомобилем как таковым. Управление им станет доступным для тех, кто был лишен такой возможности прежде в силу состояния здоровья или необходимости тратить время в пробках [Collie et al., 2017]. Сильно изменится и сам принцип владения автомобилем: например, семьи могут отказаться от распоряжения несколькими машинами. Мультиагентное транспортное моделирование показало, что беспилотные автомобили способны десятикратно снизить размеры ежедневно эксплуатируемого парка [Fagnant, Kockelman, 2014]. Парадоксальный итог состоит в том, что рост числа поездок на автомобиле будет сопровождаться сокращением практики личного владения им и общих объемов автопарка.

Исследователи указывают на многочисленные преимущества беспилотной технологии: от повышения эффективности и снижения аварийности при использовании транспортных средств до расширения круга пользователей и улучшения экологической ситуации. По оценке Morgan Stanley, суммарный эффект ресурсосбережения и роста продуктивности экономики США от беспилотных автомобилей составит 8% ВВП [Morgan Stanley, 2013] благодаря экономии топлива, снижению смертности и затрат на перемещение товаров и пассажиров. К издержкам от их внедрения относят потерю рабочих мест, проблему стоянки и перепробегов автомобилей, ограничение частных прав пользования ими.

За последние три года заметно выросло число научных статей и консалтинговых отчетов на тему беспилотных автомобилей и их совместного использования. В статье [van den Berg, Verhoef, 2016] представлена динамическая модель увеличения пропускной способности улично-дорожной сети (УДС) и изменения стоимости времени пользователей беспилотных автомобилей. Модель позволила рассчитать рекомендуемые размеры субсидий для беспилотного транспорта на примере США и Нидерландов. В работе [Llorca et al., 2017] с помощью симуляционного моделирования MATSim показано изменение загрузки УДС Мюнхенской агломерации: средняя дальность поездки и время увеличиваются при любом сценарии.

Ряд работ посвящены отдельным аспектам беспилотных технологий, не связанным с их влиянием на город [Martin, Shaheen, 2016; Skinner, Bidwell, 2016]. В докладе Организации экономического сотрудничества и разви-

тия (ОЭСР) [OECD, 2015] продемонстрирована эффективность каршеринговых услуг: если время использования личного автомобиля в среднем составляет около 1 ч при коэффициенте загрузки 1.2 чел./а-м, то каршеринговый эксплуатируется 13 ч при коэффициенте загрузки 2.3 чел./а-м. В отчете Boston Consulting Group (BCG) [Collie et al., 2017] общая продолжительность функционирования каршерингового автомобиля оценивается в 15 ч/сутки. В многочисленных исследованиях изменение пропускной и провозной способностей оценивается с помощью микро- и макро моделирования. Так, при массовом внедрении беспилотных транспортных средств совместного пользования общий транспортный пробег увеличится на 8% [Moreno et al., 2018]. В докладе [WEF, BCG, 2015] был исследован социальный аспект распространения беспилотного транспорта: выяснилось, что в среднем лишь треть респондентов допускают использование беспилотного транспорта; наибольший оптимизм в этом отношении отмечается в странах Азии. В статье [Zakharenko, 2016] представлена теоретическая модель влияния беспилотных автомобилей на структуру землепользования, предвещающая дальнейшую урбанизацию территорий, рост стоимости земли в центре города, необходимость организации специальных парковочных зон для беспилотных автомобилей.

По прогнозам, в дальнейшем формы мобильности горожан будут расширяться за счет распространения цифрового подхода «мобильность как услуга» (*mobility-as-a-service, MaaS*) и появления новых транспортных сервисов, к примеру «таксибуса» — совместной поездки на автобусе малой вместимости по заданному пользователем маршруту [Smith, 2016]. Предполагается, что технологии изменят и сам автопарк за счет увеличения доли двухместных автомобилей и микроавтобусов в нем. В работе [Gruel, Stanford, 2016] описаны три сценария приспособления людей к беспилотным транспортным средствам: от *адаптации* через *изменение транспортного поведения* к *трансформации модели владения автомобилем*. Авторы настаивают на необходимости тщательно контролировать число и масштабы использования автомобилей во избежание их бесконтрольного распространения и таких негативных следствий, как ухудшение экологической обстановки, рост числа ДТП, экспансия городов и т. д.

В последнее время исследователи демонстрируют растущий интерес к перспективам совместного использования беспилотных автомобилей — беспилотному каршерингу (*shared autonomous vehicle, SAV*). От него ожидают повышения доступности услуг автоперевозки, сокращения автопарка и парковочных зон, снижения временных и финансовых издержек пользователей. Наиболее подходящим для этих задач считаются электромобили в силу их экологичности. Применение электрической тяги на беспилотных электромобилях совместного использования (*shared autonomous electric vehicles, SAEV*) усилит эффективность SAV с точки зрения издержек пользователей и пропускной способности городской УДС [Loeb et al., 2018].

Доклад BCG [Collie et al., 2017] посвящен решению проблемы последней мили с помощью SAEV.

Необходимость в длительных пеших перемещениях к ближайшему доступному транспортному средству, которое может находиться на значительном удалении от потенциального пассажира, снижает привлекательность услуг каршеринга и затрудняет его развитие. Беспилотное перемещение автомобиля даже на небольшие расстояния может привести к существенному росту спроса со стороны пользователей. Несмотря на довольно активное изучение беспилотного транспорта [Milakis et al., 2017], ряд перспективных тем остаются вне поля зрения исследователей [Kockelman, Fagnant, 2015].

Транспортная политика оказывает заметное влияние на размер парка и интенсивность эксплуатации беспилотных транспортных средств с учетом различных типов их совместного использования — райдшеринга (50%) и каршеринга (100%), о чем свидетельствует, в частности, опыт Лиссабона [Martinez, Crist, 2015]. Так, спрогнозировано увеличение загрузки УДС во всех сценариях и продолжительности пиковых нагрузок с 3 до 4 часов. В работе [Meyer et al., 2017] на примере Швеции описано, как при минимальных вложениях в транспортную инфраструктуру могут резко расширяться зоны доступности для жителей. Следует уделять внимание человеческому фактору, а не только техническим вопросам внедрения беспилотных технологий, в том числе правильному взаимодействию с пешеходами, составляющими с беспилотным транспортом единую экосистему, что не подчиняется исключительно формальным правилам [Straub, Schaefer, 2018].

В настоящей статье наряду с традиционным описанием впервые предпринята комплексная оценка показателей городской среды, которые изменятся при внедрении технологии беспилотного передвижения. С этой целью за основу взята модель, включающая транспортно-технологическую, экономическую, экологическую, социальную, политическую и правовую группы показателей. Последний из перечисленных блоков остался за рамками нашей работы в силу неоднозначности и малопредсказуемости его долгосрочного влияния на городскую среду. Речь идет о таких показателях, как регули-

рование безопасности и правил дорожного движения, ответственность за аварийную ситуацию, страхование, сбор и хранение данных, совместимость с общей транспортной политикой и т. д. Вопросы ответственности, сбора и хранения информации, а также регулирования норм дорожного движения заслуживают отдельного глубокого исследования с привлечением профильных экспертов. Нами также не рассматриваются сугубо технические показатели развития беспилотных технологий и автомобильного транспорта в целом. Поскольку речь идет об «определенном неопределенном будущем», т. е. о таком, которое точно наступит, но с неочевидными последствиями, в исследовании применялся метод сценарного прогнозирования [HBR, 1999]. На примере города Москвы рассмотрено влияние беспилотных технологий в зависимости от модели пользования автомобилем и проводимой транспортной политики, предложены управленческие рекомендации для различных сценариев внедрения беспилотного транспорта.

Методология

Анализ факторов городской среды

Влияние беспилотного транспорта на будущее города можно оценить с помощью ряда показателей, объединенных нами в вышеперечисленные блоки по дисциплинарному принципу (табл. 1). Они характеризуют городскую и политическую среду, жителей, управление и технологии. Такой подход к изучению влияния транспорта будущего на городскую среду был реализован, к примеру, в работе [Парфенов, 2017].

Транспортно-технологический блок. За основной параметр оценки в рамках данного блока взято число автомобилей на улицах в единицу времени, которое в равной степени зависит от объемов автопарка и УДС, рассчитанное в абсолютных и в относительных (к уровню 2017 г.) значениях. Увеличение этого показателя количества автомобилей в случае латентного спроса и отсутствия сдерживающих спрос факторов будет про-

Табл. 1. Параметры влияния беспилотного транспорта на будущее развитие города

Блок	Изучаемые аспекты	Параметры
Транспортно-технологический	Влияние на дорожно-транспортную ситуацию и потребность в городском пространстве в зависимости от баланса спроса и предложения на услуги автоперевозок	<ul style="list-style-type: none"> • Дорожно-транспортная ситуация • Снижение затрат времени на нахождение в заторах • Потребность в парковочных пространствах
Экономический	Косвенное влияние беспилотных технологий на городской бюджет и финансовые возможности потребителей в зависимости от баланса спроса и предложения на услуги автотранспорта	<ul style="list-style-type: none"> • Развитие смежной инфраструктуры • Снижение издержек и ущерба от ДТП • Изменение стоимости недвижимости • Эффективность перевозок
Экологический	Влияние на состояние окружающей среды	<ul style="list-style-type: none"> • Использование освобождающихся парковочных площадок под зеленые пространства • Изменение экологичности передвижений по городу
Социальный	Влияние беспилотных технологий на условия проживания в городе и обеспечение доступа к таким технологиям	<ul style="list-style-type: none"> • Изменение структуры занятости • Безопасность на дорогах и улицах • Вовлечение новых пользователей
Политический (регуляторный)	Регулирование транспортной политики	<ul style="list-style-type: none"> • Управление предоставлением услуг беспилотного автотранспорта

Источник: составлено авторами.

порционально росту УДС. При сокращении активного автопарка число машин на улицах в единицу времени уменьшается незначительно, согласно постулату Льюиса–Могриджа: жители стремятся использовать личные автомобили тем чаще, чем свободнее дороги [Mogridge, 1990]. Для оценки дорожно-транспортной ситуации и затрат времени на преодоление заторов приняты параметры загрузки УДС и плотности транспортного потока. Оценка потребности в парковочных пространствах включает лишь качественные изменения их структуры, объема и расположения.

Экономический блок. Оценка издержек и ущерба от ДТП произведена с учетом данных по страхованию КАСКО и ОСАГО с допущением, что соотношение аварий с различной степенью ущерба и со смертельными случаями постоянно во времени при снижении их общего числа. Стоимость поездки рассчитывалась на основе постоянных (покупка автомобиля с учетом периода его амортизации, страховка, парковка) и переменных (бензин, техническое обслуживание) расходов.

Экологический блок. Высвободившиеся от плоскостных парковок площади предполагается использовать исключительно под озеленение для улучшения экологической обстановки. Параметр экологичности передвижений по городу связан с изменением выбросов вредных веществ в атмосферу в расчете на поездку одного человека и оценивается в зависимости от типа совершаемых поездок и загрузки УДС в час пик.

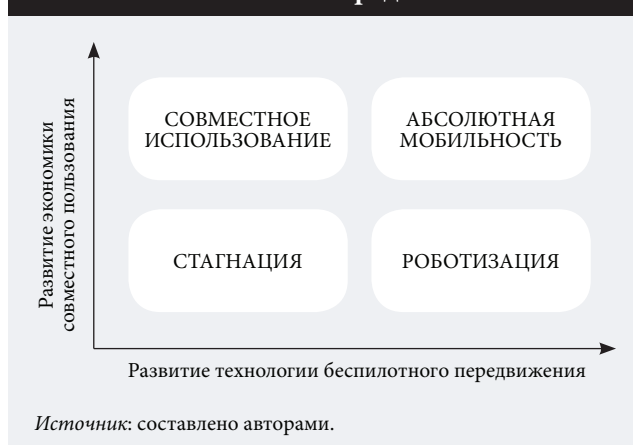
Социальный блок. Резкое сокращение потребности в курьерах-сопровождающих и водителях такси ведет к падению уровня занятости в равной мере при всех сценариях. Снижение аварийности определяется нами лишь в зависимости от степени внедрения беспилотной технологии¹. В расчет принимались такие параметры, как *социальный* (число погибших в ДТП на 100 тыс. чел.) и *транспортный* (число погибших в ДТП на 10 тыс. автомобилей) риски. Показатель *вовлечения новых пользователей* был оценен количественно — как отношение числа новых пользователей к общему числу поездок — и качественно — как доступность услуг для маломобильных и малообеспеченных групп населения (по пятибалльной шкале).

Политический блок. Общие рекомендации о применении политических и фискальных мер регулирования числа автомобилей и способа их использования сформулированы на основе разработанных матриц. Этот аспект играет ключевую роль при внедрении беспилотных технологий [Milakis et al., 2015].

Сценарное прогнозирование

Каждый блок показателей оценивается в рамках сценариев внедрения технологии беспилотного передвижения [Litman, 2016; Ticoli, 2015] по категориям «скорость проникновения беспилотных технологий» и «развитие экономики совместного пользования». Выделены следующие четыре сценария (рис. 1).

Рис. 1. Сценарии внедрения технологии беспилотного передвижения



- **Стагнация** — низкая скорость проникновения беспилотных технологий и слабое развитие экономики совместного пользования. Сценарий предполагает отставание рынка транспортных услуг от лучшей практики в сфере беспилотного транспорта.
- **Совместное использование** — низкая скорость проникновения беспилотных технологий и активное развитие экономики совместного пользования. Сценарием предусматривается дальнейшее развитие классических каршеринговых сервисов — райдшеринга (совместных поездок на автомобиле по общему маршруту) и др.
- **Роботизация** — быстрое проникновение беспилотных технологий и слабое развитие экономики совместного пользования. Сценарий предполагает постепенную замену личного транспорта беспилотным при незначительной доле каршеринга в ежедневных поездках.
- **Абсолютная мобильность** — высокая скорость проникновения беспилотных технологий в сочетании с активным развитием экономики совместного пользования. Согласно данному сценарию каршеринговые услуги начинают предоставляться на основе беспилотных технологий, а объем ежедневных перевозок соответствующими сервисами занимает львиную долю общего объема перевозок. Иными словами, перевозки осуществляются преимущественно на основе SAV.

При построении сценариев мы опирались как на официально опубликованные прогнозы, так и на наши собственные оценки [Distanz, 2017]. Прогнозирование состоит в экстраполяции (анализ временных рядов, тренд — нелинейный) и альтернативном подходе, при котором развитие сценариев определяется технологическими, экономическими и демографическими факторами, в разной степени влияющими на итоговый сценарий. В настоящей статье применены методы сценарного моделирования (исходя из прогноза объемов автопарка

¹ Уточним это предположение: в процессе внедрения технологии, вероятнее всего, будет наблюдаться временный рост числа аварий, связанный с существованием транспортных средств, управляемых искусственным интеллектом и людьми, с различиями в механизмах принятия ими решений. Впрочем, для изучения влияния технологии на среду в целом данное предположение достаточно валидно.

и УДС в пределах «старой» Москвы и доли беспилотных автомобилей), сравнительного анализа, экспертных оценок и аналогий.

Базовые предпосылки сценариев внедрения беспилотных автомобилей охватывают следующие параметры:

- объем автопарка;
- доля беспилотных автомобилей в объеме автопарка;
- доля автомобилей общественного пользования в объеме автопарка;
- уровень автомобилизации.

Влияние технологии оценено в долгосрочной перспективе до 2030 и 2035 гг., т. е. в горизонте вероятного совпадения с прогнозами, взятыми за основу сценарного моделирования. 2030 г. важен в качестве точки отсчета продаж беспилотных автомобилей и наполнения ими автопарка за короткий период 5–7 лет. 2035 г. остается самым хронологически отдаленным в существующих официальных прогнозах — более позднюю перспективу затруднительно рассматривать в силу низкого качества исходных данных. Тем не менее 2035 г. позволяет оценить последствия внедрения беспилотного транспорта для развития города, а сравнение базовых предпосылок сценариев на указанные даты — динамику изменений в пятилетней перспективе для каждого из них.

2022 г. принят за старт продаж беспилотных автомобилей согласно докладу [Morgan Stanley, 2013], однако их доля во всех сценариях в течение первых двух лет незначительна, поскольку первые модели на рынке будут, вероятнее всего, законтрактованы каршеринговыми компаниями и сервисами такси. Переходный режим эксплуатации будет отведен на тестирование операторами уровня взаимодействия беспилотных автомобилей с городской инфраструктурой, а по его завершении начнется рост продаж и индивидуальных машин.

Отправными для сценарного прогнозирования служат данные о средней загрузке личного автомобиля в Москве в 1.2 пассажира при совершении в среднем 2.9 поездки/сут (по итогам интернет-опроса). Динамика продаж новых автомобилей спрогнозирована в соответствии с предполагаемым ростом экономики РФ в 2–4% в год и с небольшими поправками коррелирует с данными агентств АВТОСТАТ и PwC [PwC, 2017]. Прогноз прироста пропускной способности УДС основан на существующих трендах и допускает увеличение ее объема на 20% к 2035 г. в границах «старой» Москвы². Прирост населения города заложен в объеме, соответствующем Стратегии развития Москвы до 2035 г., — 13.3 млн чел. на 2035 год.

Сценарий «Стагнация» предполагает сохранение существующих тенденций на автомобильном рынке, характеризующемся слабым развитием сервисов совместного пользования (кар- и райдшеринга), а также низкой долей беспилотных автомобилей в общем объеме легкового парка. Прогноз динамики продаж основан на оценках консалтингового агентства PwC за 2015

и 2016 гг., предусматривающих ежегодный среднесрочный 7–13%-й рост продаж новых автомобилей и их падение с 112 до 103% для московского рынка в 2022 г. [PwC, 2017].

По нашим расчетам, доля продаж беспилотных автомобилей на рынке новых машин вырастет с 36% в 2030 г. до 85% в 2035 г. и продолжит асимптотически приближаться к полному охвату после 2035 г.

С учетом прогнозируемой численности населения уровень его обеспеченности автомобилями может возрасти до 435 ед. на 1000 чел. при объеме парка в 5770 тыс. ед. к 2035 г.

Согласно прогнозной динамике продаж и доли нового беспилотного транспорта при реализации сценария «Стагнация» доля беспилотных автомобилей в объеме автопарка вырастет с 9% в 2030 г. до 34% — в 2035 г.

В целом этот сценарий даже к 2035 г. не предполагает извлечения максимальных преимуществ из беспилотных технологий при сохранении 65%-й доли традиционных автомобилей в общем объеме автопарка, который увеличится на 35 и 47% в 2030 и 2035 гг. соответственно, превысив прирост УДС. Заложенный в сценарии низкий уровень развития беспилотных технологий не позволит существенно сократить аварийность, поскольку вероятность попасть в аварию на традиционном автомобиле значительно выше. Отставание публичных сервисов использования автомобилей будет препятствовать эффективной эксплуатации автопарка и сопровождаться ростом напряженности на дорогах.

Сценарий «Абсолютная мобильность» приоритизирует одновременное развитие беспилотного транспорта и экономики совместного потребления (кар- и райдшеринга), что выразится в динамике следующих показателей:

- загрузка автомобиля общественного пользования возрастет с текущих 1.7 пасс/а-м (для такси) [Правительство Москвы, 2017а] до 2.3 пасс/а-м, что соответствует лучшим практикам развития каршеринговых сервисов (на примере Торонто) [WEF, BCG, 2015];
- средняя продолжительность поездки с учетом времени ожидания подачи автомобиля общественного пользования к 2035 г. достигнет 55 минут, что, по данным ВШЭ, соответствует продолжительности поездки на личном автомобиле в Москве в 2016 г.;
- интенсивность эксплуатации автомобиля общественного пользования к 2035 г. возрастет с нынешних 6.6 (в каршеринге) [Правительство Москвы, 2016] до 13.9 поездки в сутки: при 13-часовом ежедневном функционировании, средней загрузке в 2.3 пассажира и должном уровне обслуживания каршерингового автомобиля (по примеру Торонто) и 55-минутной средней продолжительности поездки (по примеру Москвы) одним автомобилем в день могут воспользоваться до 32 человек, совершая до 13.9 совместных поездок.

² Подробнее см.: <https://stroim.mos.ru/road>, дата обращения 20.02.2019.

Табл. 2. Базовые условия сценариев внедрения беспилотных автомобилей в Москве

Сценарии	Стагнация		Совместное использование		Роботизация		Абсолютная мобильность	
	2030	2035	2030	2035	2030	2035	2030	2035
Объем автопарка (тыс. а-м)	5313	5676	2685	1925	5685	6073	2391	1670
Автомобилизация (а-м / 1000 чел.)	407	434	206	145	435	464	183	126
Доля беспилотных автомобилей (%)	10	39	9	34	18	61	16	52

Источник: составлено авторами.

За ростом предложения и популярности услуг автомобилей общественного пользования последуют отток пассажиров из сегмента классического общественного транспорта и упразднение маловостребованных маршрутов. Объем перераспределения составит 5.6 млн поездок в сутки [Правительство Москвы, 2017b].

Сценарий описывает постепенное слияние такси и каршеринга в единый сервис (агрегатор) предоставления услуг общественного беспилотного автомобильного транспорта (SAV). Автомобиль может быть интегрирован в сервис «мобильность-как-услуга», позволяющий выбирать оптимальный маршрут и стоимость проезда за счет определения текущего местоположения пассажира, выбора конечной точки маршрута и типа поездки — личной (один человек в салоне) или совместной с другими пассажирами (райдшеринг). Благодаря беспилотному транспорту гораздо более эффективным становится программируемый райдшеринг, при котором алгоритм просчитывает возможный маршрут пассажира и автоматически совершает остановку при появлении другой заявки с близким маршрутом. Такая организация беспилотного передвижения позволяет операторам снизить затраты, а пассажирам — экономить на поездках. В конечном счете популярность сервиса растет, а потребность в личных транспортных средствах снижается. Отдельные элементы сервиса тестируются в различных каршеринговых компаниях мира, учитывающих в том числе перспективы применения в нем искусственного интеллекта.

При самых оптимистичных прогнозах оснащение всех каршеринговых автомобилей и такси технологией беспилотного передвижения при старте продаж в 2022 г. может растянуться на 10–12 лет, т. е. 100%-я «беспилотизация» городского транспорта при соответствующей финансовой и правовой поддержке может быть обеспечена не раньше, чем к 2034 г. В максимально благоприятном сценарии количество ежедневно совершаемых поездок на автомобилях общественного пользования достигнет 58% общего объема к 2030 г. и 77% — к 2035 г. Эти данные полностью совпадают с результатами исследования BCG [Mosquet et al., 2018], оценивающего долю поездок на автомобилях райд- и каршеринговых сервисов в крупных городах на уровне 40–80% к 2030 г.

Сценарии «Совместное использование» и «Роботизация» основаны на совмещении базовых прогнозных параметров первых двух сценариев в зависимости от приоритета в скорости проникновения беспилот-

ных технологий либо в степени развития экономики совместного пользования. Все сценарии построены с учетом имеющихся тенденций развития парка автомобилей в Москве.

Расчетные данные, представленные в табл. 2, свидетельствуют о том, что равное число поездок может быть совершено при разной транспортной структуре города. Естественным ограничением для реализации любого сценария развития автомобильного транспорта служит УДС: рост парка обратно пропорционален эффективности его использования. Обеспечение доступности автотранспорта для пассажиров в сценариях «Абсолютная мобильность» и «Совместное использование» требует меньшего числа автомобилей, т. е. материальные ресурсы расходуются максимально эффективно. В остальных сценариях при сохранении права личного владения автомобилем уровень автомобилизации растет без существенного увеличения затрат. В сценарии «Роботизация» автопарк достигает максимальных размеров: беспилотные технологии обеспечивают доступ к автотранспорту группам жителей, ранее не имевшим таких возможностей.

Сравнение сценариев показывает бесперспективность неконтролируемого расширения автопарка. Даже с учетом заявленного прироста УДС Москвы удовлетворить спрос на поездки на личных автомобилях невозможно в силу естественных ограничений городской дорожной инфраструктуры. Нарастание автопарка лишь усугубит ситуацию на дорогах и породит дополнительные проблемы с размещением автомобилей в резидентных зонах.

Динамика рассматриваемых базовых сценариев зависит от набора мер в рамках транспортной политики города. Возможное регулирование числа и характера использования автомобилей в Москве отражено на рис. 2.

Достижение целевых параметров каждого из сценариев требует своей городской транспортной политики, различающейся по степени жесткости принимаемых мер и приоритетам в развитии беспилотного транспорта [Li et al., 2018].

Стоимость одиночной поездки для каждого сценария определена исходя из цены автомобиля, операционных затрат и интенсивности его использования [PWC, 2016]. Стоимость обслуживания автомобиля, предполагаемый рост которой составит 25 и 50% в сценариях «Роботизации» и «Стагнации» соответственно,

Рис. 2. Меры регулирования парка и характера использования автомобилей в городе

	Регуляторные	Фискальные
Регулирование парка автомобилей	<ol style="list-style-type: none"> 1. Запрет эксплуатации автомобилей старше определенного срока 2. Создание зон с ограниченным доступом автомобильного транспорта 3. Ограничение использования автомобиля по календарному признаку 4. Ограничение использования автомобиля в зависимости от времени суток 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Платные парковки 2. Платный въезд в определенные зоны 3. Дорожные сборы (road pricing) 4. Повышенные акцизы на топливо
Регулирование способа использования	<ol style="list-style-type: none"> 1. Запрет на движение без водителя (более чем на 1 км) 2. Запрет на продажу традиционных автомобилей 3. Регистрация автомобиля только при условии наличия парковочного места рядом с домом 4. Аукцион на право покупки автомобиля 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Оказание льгот при использовании автомобиля коллективного пользования 2. Повышение платы за регистрацию автомобиля 3. Повышение ставки транспортного налога

Источник: составлено авторами.

представляет собой своеобразный налог на владение личным беспилотным и традиционным транспортом. При действующих нормах законодательства подобное увеличение сервисных расходов эквивалентно повышению ставок транспортного налога в 15 и 30 раз соответственно относительно уровня 2017 г. Внедрение дифференцированной системы оплаты проезда по дорогам Road pricing к расчетному периоду 2030–2035 гг. и коэффициентов к стандартным расценкам за километр пробега позволит увеличить стоимость обслуживания автомобиля на те же 25 и 50% для указанных сценариев. В случае общественных автомобилей предполагаются ускоренная амортизация в течении двух лет, предоставление бесплатных парковочных мест, фиксированная ставка транспортного налога по отношению к 2017 г. либо понижающий коэффициент к тарифам на пользование дорогами при условии внедрения системы Road pricing к 2030–2035 гг., а также взимание дополнительного НДС с оператора транспортных услуг.

Замещение традиционных автомобилей беспилотными ведет к постепенному снижению аварийности на дорогах, а при полном замещении количество аварий сократится на 94%. Мы выносим за скобки нашего исследования вопрос о состоянии транспортной системы в период одновременного присутствия на дорогах транспортных средств, управляемых искусственным интеллектом, который просчитывает варианты развития дорожно-транспортной ситуации, и обычных автомобилей с водителями, часто принимающими необдуманные и неоптимальные решения.

В качестве варианта преобразования части территории УДС для нужд, не связанных с транспортом, рассматривается озеленение (парки, скверы и т. п.) как наиболее нейтральный способ изменения функционального назначения городских земель, хотя возможны другие решения, связанные с развитием ритейла, жилищного строительства, инфраструктуры и т. д. Исследование не затрагивает экологический аспект изменения структуры топливного баланса при эксплуатации автомобилей. Очевидно, что популярное в настоящее время направ-

ление SAEV будет развиваться неравномерно в разных странах, поскольку это зависит от локального уровня развития технологий, доступности тех или иных видов топлива, остроты экологических проблем, климата. Недорогое и экологичное газомоторное топливо, распространение гибридных силовых установок, а также климатические условия (продолжительные периоды низких температур) ограничивают популярность электромобилей. Степень развития данного сегмента и дальнейшая динамика структуры топливного баланса требуют отдельного рассмотрения. Чтобы минимизировать неопределенность в вопросе выбора господствующего вида топлива в будущих поколениях автомобилей, в экологический блок прогноза включен параметр ресурсоемкости поездки, прямо пропорциональной способу использования и владения транспортным средством, загрузке УДС и росту экологичности мобильных силовых установок.

Результаты исследования

Совокупное влияние на отдельные характеристики городской среды базовых параметров четырех сценариев внедрения беспилотных технологий передвижения в Москве представлено в табл. 3.

Как показал анализ, сценарии «Стагнация» и «Роботизация» ведут к усугублению транспортной проблемы в городе, росту числа автомобилей на дорогах по мере расширения доступности беспилотных перевозок и ухудшению экологической ситуации (в зависимости от типа используемых двигателей). Транспортный риск, эквивалентный количеству погибших в ДТП на 10 тыс. автомобилей в год, резко снизится — с 1.5 до 0.30 и до 0.08; сокращение социального риска, равного числу смертей в результате ДТП на 100 тыс. жителей, станет столь же значительным — с 8.1 до 1.31 и до 0.38 для двух указанных сценариев соответственно. При сходном уровне автомобилизации города различие связано с тем, что ключевой причиной дорожных аварий сегодня остается человеческий фактор, на который, по разным

Табл. 3. Сводные показатели влияния беспилотных автомобилей на параметры городской среды (на примере Москвы)

Сценарии	Стагнация		Совместное использование		Роботизация		Абсолютная мобильность	
	2030	2035	2030	2035	2030	2035	2030	2035
Транспортно-технологический блок								
Объем автопарка на улицах (тыс. а-м)	873	928	899	840	917	944	899	840
Изменение загрузки УДС города (%)	+11	+13	+16	+6	+11	+13	+14	+3
Изменение потерь времени в заторах (%)	+5..10	+5..10	..0	0.5	5..10	5..10	0..5	5..10
Экономический блок								
Снижение издержек от ДТП (млн руб.)	5571	10 028	5571	10 028	8728	10 771	12 256	15 042
Измерение стоимости недвижимости	Рост в зонах с ограниченной транспортной доступностью		Рост стоимости жилой и коммерческой недвижимости везде		Рост в зонах с ограниченной транспортной доступностью		Рост стоимости жилой и коммерческой недвижимости везде	
Стоимость одиночной общественной поездки / стоимость личной поездки	0.38		0.31		0.38		0.26	
Экологический блок								
Преобразование элементов УДС в зеленые насаждения	–		+1 м ² зеленых насаждений на жителя		–		+1 м ² зеленых насаждений на жителя	
Изменение затрат ресурсов на поездку (%)	–8	–10	–32	–47	–11	–21	–23	–52
Социальный блок								
Снижение занятости (число рабочих мест)	–200 тыс.		–200 тыс.		–200 тыс.		–200 тыс.	
Снижение аварийности (%)	–32	–58	–47	–58	–66	–88	–66	–81
Транспортные риски (число погибших / 10 000 а-м)	0.53	0.30	0.82	0.90	0.25	0.08	0.60	0.48
Социальные риски (число погибших / 10 000 чел.)	2.17	1.31	1.70	1.34	1.09	0.38	1.10	0.60
Новые пользователи (млн чел.)	1.03	1.36	2.23	2.51	2.23	2.51	2.70	2.82
Доступ для маломобильных групп населения	3*	3*	3*	4*	3*	4*	5*	5*
Доступ для малообеспеченных жителей	1*	2*	4*	5*	1*	2*	5*	5*
Примечание: * — оценки по 5-балльной шкале, где 1 – наименьший уровень доступа, 5 – наибольший.								
Источник: составлено авторами.								

оценкам, приходится до 94% ДТП [Skinner, Bidwell, 2016]. Беспилотные автомобили минимизируют роль человеческого фактора, что понижающе влияет и на общий уровень аварийности. При «Роботизации», предполагающей максимальную среди всех сценариев долю беспилотных машин в силу их доступности для широкого круга новых потребителей, указанные риски значительно ниже. Вместе с тем загрузка УДС и общие временные потери от ожидания в заторах в равной мере возрастут в обоих сценариях, несмотря на больший совокупный объем автомобилей на дорогах при «Роботизации». Программирование движения беспилотного автомобиля, минимизация числа ошибок при вождении и мгновенное обновление информации о трафике позволят снизить аварийность, гомогенизировать транспортный поток, сделать характер его движения более предсказуемым. Равная стоимость одиночной поездки в обоих сценариях объясняется тем, что снижению этого пока-

зателя при «Роботизации» препятствуют более высокие первоначальные затраты на покупку беспилотного автомобиля.

И в сценарии «Стагнация», и в сценарии «Роботизация» доступ маломобильных и малообеспеченных жителей к услугам автоперевозок остается низким. Для первых важнее оказывается само появление беспилотных автомобилей, потенциально способных самостоятельно приехать за человеком, для вторых — распространение услуг автомобилей общественного пользования, поездка на которых обходится значительно дешевле личного транспорта, избавляет от необходимости копить и брать кредит на покупку машины. Поскольку автомобиль позволяет добираться до рабочих мест с более привлекательными условиями труда, инфраструктура автомобилей общественного пользования будет способствовать росту эффективности экономики и уровня жизни населения, став сравнительно

недорогой альтернативой традиционному городскому транспорту. Вместе с тем, в силу того, что современные каршеринговые сервисы недоступны пользователям без прав вождения, для них возможен лишь формат райдшеринга. Несмотря на высокую долю беспилотных автомобилей в сценарии «Роботизация», удобство их эксплуатации и максимальную мобильность, граждане, испытывающие физические и финансовые затруднения, будут вынуждены приобретать личный беспилотный автомобиль в силу неразвитости каршеринга в данном сценарии. Очевидно, что обременительность таких покупок затруднит общий доступ указанных групп к услугам автоперевозок.

Сценарии «Абсолютная мобильность» и «Совместное использование» имеют много общего. Оба позволяют добиться небольшого снижения напряженности на дорогах и полностью решить проблему стоянок и утилизации автомобилей. В первом сценарии наиболее развиты услуги автоперевозок для маломобильных и малообеспеченных групп населения, минимизируется аварийность, временные издержки и стоимость поездок, при этом повышается их эффективность и улучшается экологическая ситуация при эксплуатации автомобилей с двигателями любого типа. Во втором сценарии ситуация с транспортной доступностью для уязвимых групп населения обстоит хуже. В условиях слабого распространения беспилотных технологий для использования каршеринговых автомобилей малообеспеченным гражданам по-прежнему необходимы права вождения. Маломобильные граждане смогут пользоваться автомобилями лишь в сопровождении иных лиц, что, однако, позволяет обходиться без собственного автомобиля.

Сценарий «Совместное использование» предполагает меньшее снижение аварийности и больший рост загруженности УДС, так как малая распространенность беспилотных автомобилей не позволяет воспользоваться преимуществами программируемого передвижения. Транспортные риски снижаются с 1.5 до 0.48 и до 0.90, социальные — с 8.1 до 0.60 и до 1.34 для сценариев «Абсолютная мобильность» и «Совместное использование» соответственно. Такие результаты согласуются с оценками падения аварийности при обширном использовании каршеринга на 60% к 2030 г. [Collie et al., 2017]. Разница в показателях между сценариями обусловлена слабым развитием беспилотной техники, снижающей влияние человеческого фактора на возникновение аварий, в сценарии «Совместное использование». По той же причине несколько повышается стоимость одиночной поездки при заложенной в сценарии неразвитости беспилотных технологий. Отсутствие программируемых маршрутов и реакций на дорожную обстановку влечет за собой дополнительный пробег транспортных средств и выбор нерациональных маршрутов движения, особенно при использовании услуги райдшеринга. Последняя позволяет разделить стоимость поездки и сэкономить расходы конечного пользователя, однако остается более сложной в обслуживании без программируемых беспилотных команд. Это объясняет, почему схема эксплуатации автотранспорта в сценарии «Совместное использование» менее эффективна по

сравнению со сценарием «Абсолютная мобильность», где распространенность беспилотных сервисов дает пользователям возможность экономить время поездок, не заботиться о парковочном месте и т. д.

Сценарии с высокой долей автомобилей совместного пользования позволяют меньшим объемом автопарка удовлетворить больший спрос на перевозки. Райдшеринг обеспечивает места нескольким пассажирам в одном транспортном средстве. Именно эти сценарии ведут к снижению (или как минимум неухудшению) дорожно-транспортной обстановки по сравнению с 2017 г. при одновременном росте передвижения на автомобиле.

Сценарии с весомой долей общественных автомобилей подтверждают, что чем более распространены форматы совместного пользования, тем выше удельная экологичность поездки, поскольку совокупные энергозатраты на поездку снижаются. Так, ресурсоемкость поездки в сценариях «Абсолютная мобильность» и «Совместное использование» сокращается наполовину относительно уровня 2017 г. благодаря более эффективной эксплуатации автопарка, возможности совместных поездок и повышению экологичности силовых установок согласно проанализированным трендам.

Ликвидацию части плоскостных стоянок допускают лишь сценарии «Совместное использование» и «Абсолютная мобильность». При общем сокращении автопарка количество автомобилей на улицах города в часы пик в обоих сценариях остается сопоставимым, поэтому снижается потребность не в УДС, а в парковочных пространствах резидентных зон, т. е. в местах стоянки автомобилей. Преобразование парковочных мест в озелененные территории в Москве даст прирост показателя обеспеченности зелеными насаждениями на 1 м² на человека либо на 1600 га совокупно. При общей площади зеленых насаждений в 36.1 тыс. га в 2014 г. в границах «старой Москвы» увеличение составит около 4.5%. Причем новые зеленые зоны могут быть созданы именно в местах проживания людей, что отразится на росте стоимости недвижимости.

Безотносительно реализуемого сценария внедрения беспилотной технологии значительные изменения претерпит рынок труда, главным образом за счет сокращения спроса на водителей такси и курьеров-сопровождающих, регулировщиков и инспекторов ДПС. Речь может идти об упразднении до 200 тыс. рабочих мест, или 2–3% общего их числа [Business Planner, 2016].

Анализ развития технологий беспилотного передвижения и совместного пользования по результатам сопоставления данных, отраженных в табл. 3, показывает, что наиболее значимой для города и его жителей оказывается именно технология совместного использования, позволяющая преодолеть транспортные проблемы, снизить напряженность на дорогах, ресурсоемкость и стоимость автомобильной поездки, а также увеличить число пользователей этим видом транспорта. Влияние же технологии беспилотного передвижения в основном выражается в снижении аварийности и увеличении экологичности поездки (сокращении ресурсоемкости).

Механизмы предоставления транспортных услуг входят в управленческий (политический) блок оценки влияния беспилотных автомобилей. За основу анализа здесь взят опыт азиатских и европейских городов.

Вне зависимости от закладываемой в них доли беспилотных автомобилей все сценарии предполагают развитие соответствующей инфраструктуры за счет муниципалитета либо в форме муниципально-частного партнерства, которая включает:

- сеть высокоскоростного интернета 5G и Wi-Fi с опорными пунктами на перекрестках;
- высокоточные карты для обеспечения автономного передвижения;
- сервисы маркировки и поиска ближайшего парковочного места;
- сеть парковочных хабов для минимизации перепробега и возвращения домой частных беспилотных автомобилей.

Для стимулирования перехода на беспилотный транспорт муниципалитеты могут внедрять механизмы софинансирования (в рамках государственно-частного партнерства) либо полного покрытия из городского бюджета таких проектов, как центры обработки данных (ЦОД) и защиты информации (при ЦОД, отделах полиции либо самостоятельные), для обеспечения бесперебойности транспортной системы и предотвращения внешних противоправных воздействий [Maurer et al., 2015].

Сценарии «Совместное пользование» и «Абсолютная мобильность» с большой долей автомобилей общественного пользования требуют внедрения дополнительных сервисов с привлечением к участию частных компаний. Речь идет о сети сервисов «мобильность-как-услуга» для построения маршрутов и вызова автомобилей и о специализированных службах (ремонтных и диспетчерских) по обслуживанию общественного транспорта.

К преимуществам беспилотных автомобилей относится отсутствие необходимости искать парковочное место. На первый взгляд, это критически важно для центров городов с их максимальной экономической активностью. Доставивший пассажира беспилотный автомобиль может самостоятельно передвигаться без парковки либо искать свободное место, не отвлекая человека. В московских реалиях подобный сценарий представляется едва ли достижимым, особенно в час пик, когда в центре образуется плотный поток с непредсказуемыми маршрутами движения, усложняющими ситуацию на перекрестках. Логичным решением видятся запрет на порожний пробег свыше установленного лимита и интенсивное строительство автоматизированных многоярусных паркингов по периметру центральной части города для формирования завершеного маршрута любого транспортного средства, направляющегося в центр города без гарантии свободной парковки. Альтернативой запрету на порожний пробег может служить налог за проезд по дорогам (*pay-as-you-go-tax*), дифференцированный в зависимости от зоны и времени движения.

Сценарии с низким уровнем развития услуг общественных автомобилей («Стагнация» и «Роботизация») не предусматривают значимых изменений в транспортной политике. Негативные эффекты данных сценариев требуют адекватной реакции городских властей и регулирования рынка автотранспорта. В частности, упомянутые многоярусные автоматизированные паркинги по периметру центральной части и в жилых зонах города могут стать решением проблемы стоянки и порожнего перепробега общественных автомобилей. В жилых зонах стоимость абонемента на аренду машиноместа во дворах должна соответствовать стоянке в таких паркингах или даже превосходить ее для сокращения использования для этих целей придомовых территорий. В отсутствие прямых стимулов к приобретению беспилотных автомобилей ускорить смену поколений традиционных машин позволит ограничение их предельного возраста. Например, можно автоматически снимать с регистрации автомобили после 10 лет их эксплуатации (срок, заложенный в наши расчеты). Подобная мера приведет к повышению доли беспилотных моделей в автопарке и достижению максимального потенциального эффекта от технологии беспилотного передвижения при данном сценарии. В сценарии «Роботизация» эффективными окажутся дополнительные фискальные ограничения на владение традиционным автомобилем (>4 по SAE). В условиях неразвитости общественных сервисов льготы для SAV здесь также не предусмотрены. В целом транспортная политика, лежащая в русле обоих указанных сценариев, выглядит нерациональной с точки зрения будущего города, использования пространства и эффективности оказания транспортных услуг.

Сценарии со значительной долей автомобилей общественного пользования («Совместное пользование» и «Абсолютная мобильность») предполагают ограничение спроса на перевозки личным транспортом фискальными и регуляторными методами. К первым относятся различные способы увеличения стоимости владения автомобилем. При неизменном транспортном законодательстве самым действенным будет повышение ставки транспортного налога. Преимущества такой меры заключаются в том, что она позволяет потенциальному покупателю заранее оценить дополнительные затраты на обслуживание автомобиля, а при использовании общественного транспорта единая ставка сбора распределяется на большой круг потребителей, что снижает конечную стоимость поездки для каждого из них и побуждает отказаться от личной машины. К недостаткам налога можно отнести отсутствие прямой зависимости между пробегом автомобиля и использованием УДС, с одной стороны, и величиной платежа — с другой. Сегодня активно обсуждается возможность замены традиционного транспортного налога платой за фактическое использование УДС (*pay-as-you-go-tax*). Система Road pricing даст возможность дифференцировать стоимость пользования отдельными сегментами УДС в зависимости от их технического состояния, направления движения автомобиля, времени суток, а также приоритета транспортных артерий, их ранга. Подобная систе-

Табл. 4. Меры для достижения параметров рассмотренных сценариев (на примере Москвы)

Сценарий	Меры
Стагнация	<ul style="list-style-type: none"> • Запрет эксплуатации автомобилей старше 10 лет • Строительство многоуровневых парковок в жилых зонах и по периметру Третьего транспортного кольца • Единая стоимость парковки на плоскостных и многоуровневых стоянках в жилых зонах для резидентов • Продолжение поддержки операторов услуг общественных автомобилей • Максимальное развитие сервиса предоставления услуг традиционного общественного транспорта
Совместное использование	<ul style="list-style-type: none"> • Регистрация личного автомобиля при наличии парковочного лота рядом с домом • Платные парковки для личных автомобилей на всей территории города • Повышенный транспортный налог на владение личным автомобилем (×15 относительно ставок 2017 г.) либо внедрение инструмента Road pricing с аналогичным повышением стоимости владения • Сегрегация парковочных лотов в жилых зонах по типу владения, предоставление лотов вдоль улиц общественным автомобилям • Повышение стоимости поездки на общественных автомобилях для недопущения снижения привлекательности традиционного общественного транспорта • + МЕРЫ СЦЕНАРИЯ «СТАГНАЦИЯ»
Роботизация	<ul style="list-style-type: none"> • Повышенный транспортный налог на владение традиционным автомобилем (×15 относительно ставок 2017 г.) либо внедрение инструмента Road pricing с аналогичным повышением стоимости владения автомобилем • Запрет на движение без водителя (более чем на 2 км либо 30 мин) • Стимулирование автоматизации услуг многоуровневых парковок в жилых зонах и по периметру Третьего транспортного кольца, услуг автозаправочных станций • Софинансирование муниципалитетом инфраструктуры для функционирования беспилотного транспорта (сеть 5G, ЦОДы, центры защиты информации, специализированные паркинги) • + МЕРЫ СЦЕНАРИЯ «СТАГНАЦИЯ»
Абсолютная мобильность	<ul style="list-style-type: none"> • Повышенный транспортный налог на владение личным автомобилем (×15..×30 относительно ставок 2017 г.) в зависимости от уровня автономности по SAE (чем выше уровень, тем ниже ставка) либо внедрение инструмента Road pricing с коэффициентами к базовой стоимости проезда в зависимости от уровня автономности автомобиля • Распространение полноценного действия сервисов общественных автомобилей на всю территорию Московской агломерации • Финансирование муниципалитетом исследований в области SAV/SAEV • + МЕРЫ СЦЕНАРИЕВ «СОВМЕСТНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ» и «РОБОТИЗАЦИЯ»

Источник: составлено авторами.

ма, будучи более справедливой с точки зрения удельной интенсивности использования УДС, стимулирует более экономичный режим эксплуатации последней и позволяет компенсировать сокращение налоговых поступлений от акцизов на топливо, вызванное ростом доли транспортных средств с электрическими и гибридными силовыми установками. Однако введение столь прогрессивной системы оплаты требует изменения законодательства и внедрения автоматизированного цифрового контроля загрузки УДС, прогнозирования спроса и оплаты проезда, обременительных финансово и технологически.

Мы не преследовали цели ответить на вопрос о достижимости подобных изменений, однако переход на систему Road pricing повышает вероятность внедрения подобной системы к 2030–2035 гг. Конечным потребителям в сценариях «Совместное пользование» и «Абсолютная мобильность» важен будет не столько способ оплаты проезда, сколько разница в стоимости между поездками на личном и общественном автомобиле. Таким образом, и ныне применяемый транспортный налог, и система Road pricing позволят достичь сопоставимых значений в параметрах обоих сценариев.

Если в рамках сценария «Совместное пользование» повышение стоимости владения только личным автомобилем оказывается достаточной мерой, то в сценарии «Абсолютная мобильность» допустим дифференцированный подход, предполагающий минимальную стоимость владения для SAV (а при должном обосновании преимущества моделей с электрическими силовыми

установками — и для SAEV) и максимальную — для традиционных личных автомобилей с уровнем автономности ниже 4 по SAE.

К ограничительным мерам в отношении спроса на перевозки личным транспортом можно отнести законодательный запрет на порожний пробег автомобилей (например, свыше 2 км или 30 мин) и выделение специализированных парковочных мест для автомобилей общественного пользования. Рассматриваемые сценарии требуют также законодательного закрепления права приобретать и владеть личным автомобилем лишь при наличии в собственности (либо на условиях долгосрочной аренды) парковочного места в пределах пешей доступности от дома, а также регулирования тарифов на проезд в общественном транспорте с большой провозной способностью для поддержания его ценовой привлекательности (табл. 4).

При кажущихся очевидными преимуществах сценариев «Совместное использование» и «Абсолютная мобильность» их реализация требует существенных ограничений в пользовании личным автотранспортом. Подобные инициативы чреватые социальными издержками, поскольку повлекут за собой принудительную смену модели транспортного поведения либо существенное увеличение расходов на совершение поездок и адаптацию к новым технологиям. Достичь плановых показателей указанных сценариев не удастся без тесного информационного взаимодействия городских властей и общественности, дабы минимизировать отрицательные последствия принимаемых решений и сформировать

Табл. 5. Влияние беспилотных автомобилей на город и его жителей

Сценарий	Влияние на жителей	Влияние на городскую среду
Стагнация	<ul style="list-style-type: none"> • Доступность покупки личного автомобиля • Проблема хранения автомобиля в жилых зонах • Потери времени в заторах • Высокая удельная стоимость поездки • Низкий доступ к услугам автомобильного транспорта для маломобильных и малообеспеченных групп населения • Потеря рабочих мест, связанных с перевозками 	<ul style="list-style-type: none"> • Постоянные автомобильные заторы • Острый дефицит мест хранения автомобилей (+1.7 млн а-м относительно 2016 г.) • Необходимость строительства многоуровневых парковок • Снижение аварийности (-58%) • Ухудшение экологической ситуации
Совместное использование	<ul style="list-style-type: none"> • Широкий доступ к услугам автотранспорта вне зависимости от достатка и состояния здоровья • Замещение личных автомобилей населения с низким и средним доходом общественными автомобилями • Низкая стоимость поездки, но выше, чем в традиционном общественном транспорте • Резкое увеличение расходов на владение личным автомобилем • Повышение мобильности населения • Потеря рабочих мест, связанных с перевозками 	<ul style="list-style-type: none"> • Локальные пробки: сохранение существующей степени напряженности на УДС • Снижение аварийности (-58%) • Улучшение экологической ситуации • Рост стоимости недвижимости в зонах с ограниченной транспортной доступностью • Незначительное улучшение экологической ситуации
Роботизация	<ul style="list-style-type: none"> • Высокая привлекательность владения беспилотным автомобилем • Низкая доступность покупки личного автомобиля • Резкое повышение расходов на владение традиционным личным автомобилем • Повышение доступности услуг автотранспорта для маломобильных групп населения • Потеря рабочих мест, связанных с перевозками • Снижение остроты проблемы паркования и хранения транспортного средства 	<ul style="list-style-type: none"> • Постоянные автомобильные заторы при безаварийном характере движения • Необходимость строительства автоматических паркингов по периметру Третьего транспортного кольца и в жилых зонах • Максимальное снижение аварийности (-88%) • Рост стоимости недвижимости в зонах с ограниченной транспортной доступностью • Незначительное улучшение экологической ситуации
Абсолютная мобильность	<ul style="list-style-type: none"> • Низкая доступность покупки личного автомобиля • Доступность владения личным автомобилем только населению с высоким уровнем доходов • Широкий доступ к услугам общественного автотранспорта вне зависимости от достатка и состояния здоровья • Низкая стоимость поездки, но выше, чем в традиционном общественном транспорте • Потеря рабочих мест, связанных с перевозками • Рост социальной напряженности и недовольства проводимой транспортной политикой • Повышение мобильности населения 	<ul style="list-style-type: none"> • Снижение количества заторов; высокая степень предсказуемости поездки • Максимальное снижение аварийности (-81%) • Максимальное улучшение экологической ситуации • Рост стоимости коммерческой и жилой недвижимости во всех районах города • Возможность преобразования неиспользуемых территорий УДС

Источник: составлено авторами.

у горожан ясное понимание будущих преимуществ. Для изучения последних на теоретическом и практическом уровнях муниципалитеты могут самостоятельно финансировать исследования беспилотных автомобилей и использовать их результаты для обоснования непопулярных решений, неизбежных при следовании сценарию «Роботизация» либо «Абсолютная мобильность».

Потенциальные эффекты от реализации сценариев внедрения беспилотных автомобилей для города в целом и его жителей в частности представлены в табл. 5.

Заключение

Сегодня можно с уверенностью утверждать, что технология беспилотного передвижения будет в той или иной форме внедрена в обозримом будущем и существенно изменит сам подход к передвижению людей и владению автомобилем. Беспилотный транспорт утратит статус сугубо личного в пользу модели общего пользования. Сама же беспилотная технология может положительно повлиять на городскую среду и способы перемещения по городу лишь в сочетании с развитием сервисов совместного пользования. В ближайшее десятилетие про-

гнозируется рост каршеринговых и райдшеринговых сервисов во всем мире, и особенно привлекательными их сделают беспилотные автомобили.

В рамках нашего исследования была наглядно показана роль транспортной политики во внедрении беспилотных автомобилей на примере города Москвы. В отсутствие сдерживающих фискальных или регуляторных механизмов число автомобилей в личном владении будет неуклонно расти по мере снижения барьеров доступа к ним, что приведет к катастрофической перегрузке городской УДС. На практике это означает многочасовые заторы на дорогах, которые не позволят в полной мере реализовать преимущества беспилотного передвижения. С помощью комплекса мер, нацеленных на снижение автомобильного потока, регулирующих способ использования городского транспорта, а также стимулирующих каршеринговые компании к массовой закупке беспилотных автомобилей и смене модели предоставления услуг, можно добиться принципиального улучшения дорожно-транспортной ситуации, включая отдельные факторы городской среды. Однако издержки подобного рода улучшений могут оказаться непосильными для населения. Так, при максимальном стимули-

ровании использования общественных автомобилей стоимость обслуживания личного автотранспорта в расчете на жизненный цикл (с учетом амортизации) должна возрасти в полтора раза по сравнению с существующими ставками и ценами, а система платных парковок должна быть распространена на всю территорию Москвы вплоть до МКАД и придомовых территорий.

Альтернативу традиционной схеме взимания транспортного налога предлагает более прогрессивная система оплаты пользования дорогами Road pricing, дифференцированная в зависимости от времени и зоны проезда. Ее внедрение может повлечь за собой революционные изменения, пусть и растянутые на длительный период. Речь идет о кардинальных переменах в привычном укладе жизни в сравнительно короткий срок, которые, будучи чрезвычайно чувствительными для жителей (пользователей), вызовут с их стороны неизбежное недовольство и противодействие.

Чем сильнее фискальные ограничения для владения личным транспортом, тем более привлекательным становится транспорт общего пользования и тем выше удельная эффективность всего автопарка. Общественные автомобили обеспечат максимальный положительный эффект при расширении зоны их обслуживания за пределы Москвы, в ближнее Подмосковье (Московская агломерация), что потребует дополнительных мощностей каршеринговых операторов и организации взаимодействия с подмосковными службами.

Полученные нами результаты показывают, что будущая транспортная политика должна предусматривать как элементы экономики совместного пользования, так и меры стимулирования технологии беспилотного передвижения. Транспортная политика должна быть проактивной, предвосхищающей негативные последствия реализации того или иного сценария и обеспечивающей максимальное информирование жителей. Инструментами достижения этих целей выступают фискальные и регуляторные меры, конкретный набор которых, рекомендованный нами для включения в такую проактивную политику, повысит общую стоимость владения автомобилем и создаст административные барьеры на пути приобретения личного транспортного средства. Меры должны вводиться постепенно и анонсироваться заранее, за несколько лет до вступления соответствующих решений в силу.

Было показано, что существующая политика остается неэффективной, поскольку порождает неконтролируемый рост личного автопарка города и требует адекватного расширения УДС в ущерб иным статьям бюджета. Столь же нежелательным представляется неконтролируемое расширение парка личных беспилотных автомобилей, которое лишь увеличит нагрузку на транспортную систему города и суммарные потери всех участников движения. Подобное развитие событий будет означать дальнейшую деградацию городской среды, предотвратить которую позволят предложенные нами меры транспортной политики.

Библиография

- Парфенов Г. (2017) Потенциальные воздействия беспилотного транспорта. М.: НИУ ВШЭ.
- Правительство Москвы (2016) Московскому каршерингу 1 год. Режим доступа: <https://docplayer.ru/33593609-Moskovskomu-karsheringu-1-god.html>, дата обращения 20.02.2019.
- Правительство Москвы (2017a) Итоги работы транспортного комплекса за 2016 год и планы на 2017 год. Режим доступа: <https://www.mos.ru/upload/newsfeed/presspresentations/2016-170124095036.pdf>, дата обращения 20.02.2019.
- Правительство Москвы (2017b) Таксомоторные перевозки в городе Москве 2011–2016. Режим доступа: [www.transport.mos.ru](http://transport.mos.ru/common/upload/docs/1470668676_taxi_ver2_2016.pdf). Режим доступа: http://transport.mos.ru/common/upload/docs/1470668676_taxi_ver2_2016.pdf, дата обращения 20.02.2019.
- Business Planner (2016) Общее исследование рынка такси в Москве 2016 г. Режим доступа: <https://business-planner.ru/articles/analitika/obshhee-issledovanie-rynka-kafe-v-sankt-peterburge-2016-g-2.html>, дата обращения 20.02.2019.
- Christensen C.M. (1997) *The Innovator's Dilemma. When New Technologies Cause Great Firms to Fail*. Boston, MA: Harvard Business School Press.
- Collie B., Rose J., Choraria R., Wegscheider A.K. (2017) *The Reimagined Car. Shared, Autonomous, and Electric*. Boston, MA: Boston Consulting Group.
- Distanz (2017) Методы прогнозирования и эффективные управленческие решения. Режим доступа: https://www.distanz.ru/feed/lectures/metody-prognozirovaniya-i-effektivnye-upravlencheskie-resheniya_3771, дата обращения 20.02.2019.
- Fagnant D.J., Kockelman K.M. (2014) The travel and environmental implications of shared autonomous vehicles, using agent-based model scenarios // *Transportation Research. Part C: Emerging Technologies*. Vol. 40. P. 1–13.
- Gruel W., Stanford J.M. (2016) Assessing the long-term effects of autonomous vehicles: A speculative approach // *Transportation Research Procedia*. Vol. 13. P. 18–29.
- HBR (1999) *Harvard Business Review on Managing Uncertainty*. Boston, MA: Harvard Business School Press.
- Hörl S., Ciari F., Axhausen K.W. (2018) Recent perspectives on the impact of autonomous vehicles. IVT Working Paper 10XX. Zurich: ETH Zurich. Institute for Transport Planning and Systems (IVT).
- Hoyle A. (2016) Apple and Google reportedly buying land for autonomous car facilities // *CNet*. 06.05.2016. Режим доступа: <https://www.cnet.com/roadshow/news/apple-and-google-reportedly-buying-land-for-autonomous-car-facilities/>, дата обращения 20.02.2019.
- Kockelman K.M., Fagnant D.J. (2015) Preparing a nation for autonomous vehicles: Opportunities, barriers and policy recommendations // *Transportation Research. Part A: Policy and Practice*. Vol. 77. P. 167–181.
- Li S., Sui P.-C., Xiao J., Chahine R. (2018) Policy formulation for highly automated vehicles: Emerging importance, research frontiers and insights // *Transportation Research. Part A: Policy and Practice* (in press). Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0965856418300430>, дата обращения 20.02.2019.
- Litman T. (2016) *Well Measured: Developing Indicators for Sustainable and Livable Transport Planning*. Victoria, BC (Canada): Victoria Transport Policy Institute.

- Llorca C., Moreno A.T., Moeckel R. (2017) Effects of Shared Autonomous Vehicles on the Level of Service in the Greater Munich Metropolitan Area. Paper presented at the International Conference on Intelligent Transport Systems in Theory and Practice, mobil. TUM 2017, 4–5 July 2017, Munich, Germany. Режим доступа: https://www.msm.bgu.tum.de/fileadmin/w00bv/wwww/publications/moeckel/2017_llorca_et_al.pdf, дата обращения 20.02.2019.
- Loeb B., Kockelman K.M., Liu J. (2018). Shared autonomous electric vehicle (SAEV) operations across the Austin, Texas network with charging infrastructure decisions // *Transportation Research. Part C. Vol. 89. P. 222–233.* Режим доступа: <http://isiarticles.com/bundles/Article/pre/pdf/143056.pdf>, дата обращения 20.02.2019.
- Martin E., Shaheen S. (2016) Impacts of Car2Go Vehicle Ownership, Modal Shift, Vehicle Miles Traveled, and Greenhouse Gas Emissions. Berkeley: University of California.
- Martinez L., Crist P. (2015) Urban Mobility System Upgrade — How shared self-driving cars could change city traffic. International Transport Forum Report. Paris: OECD. Режим доступа: https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/15cpb_self-drivingcars.pdf, дата обращения 20.02.2019.
- Maurer M., Gerdes J.C., Lenz B., Winner H. (eds.) *Autonomes Fahren. Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte.* Heidelberg, New York, Dordrecht, London: Springer.
- Meyer J., Becker H., Bösch P.M., Axhausen K.W. (2017) Autonomous vehicles: The next jump in accessibilities? // *Research in Transportation Economics. Vol. 62. P. 80–91.* Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2017.03.005>, дата обращения 20.02.2019.
- Milakis D., Snelder M., van Arem B., van Wee G.P., Homem de Almeida Correia G. (2015) Development of automated vehicles in the Netherlands: Scenarios for 2030 and 2050. Delft: Delft University of Technology.
- Milakis D., van Arem B., van Wee B. (2017) Policy and society related implications of automated driving: A review of literature and directions for future research // *Journal of Intelligent Transportation Systems. № 4. P. 324–348.*
- Mogridge M.J.H. (1990) *Travel in towns: Jam yesterday, jam today and jam tomorrow?* London: Macmillan Press.
- Moreno A.T., Michalski A., Llorca C., Moeckel R. (2018) Shared Autonomous Vehicles Effect on Vehicle-Km Traveled and Average Trip Duration // *Journal of Advanced Transportation. Article ID 8969353.* Режим доступа: <https://doi.org/10.1155/2018/8969353>, дата обращения 20.02.2019.
- Morgan Stanley (2013) *Autonomous Cars: Self-Driving the New Auto Industry Paradigm.* New York: Morgan Stanley.
- Mosquet X., Zablith H., Dinger A., Xu G., Andersen M., Tominaga K. (2018) *The Electric Car Tipping Point. The Future of Powertrains for Owned and Shared Mobility.* Boston, MA: The Boston Consulting Group. Режим доступа: <https://www.bcg.com/publications/2018/electric-car-tipping-point.aspx>, дата обращения 20.02.2019.
- OECD (2015) *A New Paradigm for Urban Mobility.* International Transport Forum Report. Paris: OECD Режим доступа: <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/cor-pdf-03.pdf>, дата обращения 20.02.2019.
- РwC (2016) *Стоимость владения легковым автомобилем в России, 2016.* М.: РwC Russia. Режим доступа: https://www.pwc.ru/en/automotive/publications/assets/costofcar_2016.pdf, дата обращения 20.02.2019.
- РwC (2017) *Рынок легковых и коммерческих автомобилей в России. Результаты 2016 г. и перспективы развития.* М.: РwC Russia. Режим доступа: <https://docplayer.ru/27276592-Рынок-легковых-и-коммерческих-автомобилей-в-россии-результаты-8-месyацев-2016-g-i-perspektivy-razvitiya.html>, дата обращения 20.02.2019.
- Skinner R., Bidwell N. (2016) *Making better places: Autonomous vehicles and future opportunities.* London: WSP, Parsons Brinckerhoff, Farrels. Режим доступа: <http://www.wsp-pb.com/Globaln/UK/WSPPB-Farrels-AV-whitepaper.pdf>, дата обращения 20.02.2019.
- Smith C. (2016) *Turning Transportation. Challenges and Opportunities Presented to the City of Vancouver by Autonomous Vehicles.* Vancouver: University of British Columbia.
- Straub E.R., Schaefer K.E. (2018) It takes two to tango: Automated vehicles and human beings do the dance of driving — four social considerations for policy // *Transportation Research. Part A: Policy and Practice (in press).* Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2018.03.005>, дата обращения 20.02.2019.
- Ticoli D. (2015) *Driving Changes: Automated Vehicles in Toronto.* Toronto: University of Toronto.
- Tomtom (2017) *HD MAP — Highly accurate border-to-border model of the road.* Режим доступа: <http://download.tomtom.com/open/banners/HD-Map-Product-Info-Sheet-improved-1.pdf>, дата обращения 20.02.2019.
- van den Berg V.A.C., Verhoef E.T. (2016) Autonomous cars and dynamic bottleneck congestion: The effects on capacity, value of time and preference heterogeneity // *Transportation Research. Part B: Methodological. Vol. 94. P. 43–60.*
- WEF, BCG (2015) *Self-Driving Vehicles in an Urban Context.* Boston, MA: World Economic Forum, Boston Consulting Group.
- Zakharenko R. *Self-driving cars will change cities* // *Regional Science and Urban Economics. Vol. 61. Iss. C. P. 26–37.*