

АНАЛИЗ ПОДХОДОВ К ПРОГНОЗИРОВАНИЮ ПРОЦЕССОВ АВТОМОБИЛИЗАЦИИ

DOI 10.29003/m268.sp_ief_ras2018/333-359

Анализ и прогнозирование процессов автомобилизации представлены широким спектром публикаций. Отметим, что изучение спроса на автомобили является частным вопросом теорий потребительского выбора и прикладных работ, посвященных анализу потребления населения. По мере проникновения автомобилей в жизнь обществ, к изучению особенностей воспроизводства автомобильной системы подключалось все большее число специалистов самых разных направлений. Совершенствование эконометрического инструментария и статистического обеспечения также играло не малую роль в развитии прикладных исследований. Работы, посвященные моделированию процессов автомобилизации, можно разделить на две большие группы в зависимости от используемого метода: агрегированный и дезагрегированный. Основной особенностью первой группы является то, что объектом изучения в ней выступает агрегированный показатель автомобилизации: совокупные продажи, совокупный парк, удельный парк и т.д., а основными факторами являются макропараметры. Вторая же группа основана на дезагрегации совокупных показателей автомобилизации по различным признакам (по размеру автомобиля, по числу автомобилей в пользовании домохозяйством, по типу используемого топлива и т.д.) с последующим анализом и прогнозированием полученных отдельных элементов и их суммированием [1].

В этой статье внимание будет уделено методам анализа и прогнозирования динамики парка только легковых автомобилей. Отметим, что другие виды автотранспорта (грузовой, общественный) требуют других моделей. Будут рассмотрены некоторые ключевые характеристики и этапы развития агрегированных методов изучения процессов автомобилизации, среди которых выделяются две основные группы:

- агрегированные модели спроса на легковые автомобили;
- агрегированные модели обеспеченности населения легковыми автомобилями.

Будут также кратко затронуты основные виды дезагрегированных методов изучения процессов автомобилизации (когортные подходы, модели дискретного выбора), теория пика, представления о процессах автомобилизации в социологических исследованиях и работах, посвященных транспортному планированию.

Отметим, что одним из важных параметров парка легковых автомобилей является его структура по видам используемых энергоносителей. В настоящее время этот параметр приобретает дополнительную актуальность, особенно в контексте прогнозирования спроса на энергоресурсы. Однако нами основное внимание будет уделено методам прогнозирования динамики совокупного парка, а методы анализа и прогнозирования его структуры останутся за рамками этой работы.

Агрегированные модели спроса на легковые автомобили. Агрегированные модели спроса на автомобили генетически связаны с ординалистским подходом, т.е. основаны на анализе функции полезности при бюджетном ограничении. В общем виде эту функцию полезности можно записать в виде [2]:

$$U = \sum_{t=0}^T U\left(C_t, K_t, \frac{M_t}{P_t}\right)(1+\gamma)^{-t},$$

а бюджетное ограничение в виде [2]:

$$\sum_{t=0}^T (Y_t - P_t C_t - P_{K,t} (K_t - (1-\delta)K_{t-1}) - (M_t - M_{t-1}))(1+i)^{-t} = 0,$$

где C_t – текущее потребление в год t ; K_t – запас капитальных товаров в год t ; M_t – запас денег в год t ; Y_t – доход в год t ; P_t – уровень цен в год t ; $P_{K,t}$ – уровень цен на капитальные товары в год t ; δ – норма амортизации капитальных товаров; i – ставка процента; γ – временное предпочтение; T – рассматриваемый период.

Дифференцированием функции полезности получают функцию спроса, а бюджетное ограничение определяет основные влияющие факторы: доходные и ценовые показатели. В зависимости от разнообразия факторов, определяющих бюджетное ограничение, и от вида функции полезности, разные исследователи рассматривали разные модели спроса на автомобили.

Наиболее ранние макроэкономические модели прогнозирования спроса на автомобили являются двухфакторными: зависимость продаж от дохода и относительных цен [3-8]. Выбытие автомобилей задается линейно как процент накопленного парка (однако еще в 1938 г. было замечено, что выбытия автомо-

билей зависят от текущей экономической конъюнктуры, например темпов экономического роста [9]), а динамика парка определяется балансовым методом:

$$A_t = A_{t-1} + S_t - R_t,$$

где A_t – объем парка автомобилей в период t ; S_t – продажи автомобилей в период t ; R_t – выбытие автомобилей в период t .

Дальнейшее развитие агрегированные модели спроса на автомобили получили в исследованиях, посвященных исследованию значимости различных факторов (помимо доходов населения и цен), оказывающих влияние на потребительский спрос в отношении автомобилей. В анализ включались: влияние вторичного рынка и уровней цен на нем (в силу того, что подержанный автомобиль может выступать в качестве субститута новому) [10-11]; склонность к сбережению населения [12]; кредитные условия, будь то длительность автокредита [13], степень государственного регулирования кредитов [14] или процентная ставка [15]; потребительские ожидания [16]; стоимость бензина и энергоэффективность автомобилей [17]; уровень образования, плотность населения и доступность сервиса [18]. Также тестируются различные показатели платежеспособности населения [19] и функциональные формы спроса на автомобили [20].

Промежуточный итог накопленному опыту прогнозирования спроса на автомобили в рамках агрегированных моделей подводит А. Хесс. В статье «Сравнение уравнений спроса на автомобили» [2] он обращает внимание на то, что в литературе, посвященной автомобильному рынку, сложился разрыв между теоретическими концепциями и эмпирическими работами. Во-первых, в теоретических работах в качестве главных факторов, влияющих на решение потребителей, рассматриваются благосостояние и стоимость эксплуатации, в то время как в эмпирических внимание сосредоточено на доходе и стоимости покупки. Во-вторых, в теоретических работах важную роль играют субституты, а в эмпирических чаще всего предполагается, что потребитель делает выбор только между приобретением автомобиля и текущим потреблением. В-третьих, в теоретических работах процесс принятия решений многопериодный, чем пренебрегают в эмпирических исследованиях. Хесс сравнивает различные модели прогноза спроса на автомобили: однопериодные, многопериодные, однотоварные, многотоварные, а также оценивает эффект дохода и

эффект изменения ценовых пропорций и приходит к выводу, что при анализе спроса на легковые автомобили наибольшей прогностической силой обладают многопериодные многотоварные модели, учитывающие благосостояние (а не доходы) потребителей.

В дальнейшем агрегированные модели спроса на автомобили получили развитие в моделях рынка автомобилей (взаимодействия спроса и предложения автомобилей с помощью механизма цен) [21-23]. Также агрегированный объем спроса на автомобили является одним из выходных параметров в рамках имитационной модели TREMOVE, разработанной для Европейской комиссии Католическим университетом Лувена. Ее основное назначение – оценка влияния различных видов транспорта и транспортной политики на объемы транспортных выбросов [24]. В качестве входных параметров модели используется задаваемая потребность в передвижении по типам транспорта, налоги, программы утилизации и дорожно-транспортное регулирование [1].

Агрегированные модели обеспеченности населения автомобилями. На протяжении второй половины XX в. зародилась школа, использующая иной подход к анализу процессов автомобилизации: в ней основное внимание сосредоточено на изучении динамики обеспеченности населения автомобилями (число легковых автомобилей на 1000 чел.). В соответствии с концепцией убывания предельной полезности для анализа этого показателя можно использовать S-образные функции (логистические, функции Гомпертца и т.д.) [25]. В этом случае схема расчета выглядит так: оценивается обеспеченность, затем с использованием данных о численности населения рассчитывается парк автомобилей и уже из динамики парка (а также набора гипотез) при необходимости оценивается спрос на легковые автомобили [26]. В наиболее ранних работах показатель обеспеченности использовался для региональных сравнений [27-29], для объяснения различий помимо показателей доходов и цен привлекались такие факторы как плотность населения, доля взрослого населения [30], уровни урбанизации и безработицы [31], доступность общественного транспорта [32].

Наиболее продолжительные и последовательные исследования динамики обеспеченности населения легковыми автомобилями принадлежат сотруднику лаборатории изучения транспорта (Великобритания) Дж. Тейннеру. Его работы оказали влияние на многих других исследователей процессов автомобилизации и транспорта

[33-35]. В статье 1958 г [36] Тейннер применяет логистическую модель для аппроксимации обеспеченности населения автомобилями:

$$V_t = \frac{S}{1 + b \exp(-ct)},$$

где V_t – число легковых автомобилей на человека в год t ; S – задаваемый экзогенно уровень насыщения; b, c – оцениваемые параметры; t – год.

Дальнейшие многолетние исследования особенностей накопления парка легковых автомобилей приводят Тейннера к разработке многофакторной логистической модели, которую он в окончательном виде представил в статье [37]:

$$V_t = S \left[1 + \frac{S - V_0}{V_0} \left(\frac{I_t}{I_0} \right)^{-bS} \left(\frac{P_t}{P_0} \right)^{-cS} \exp\{-aS(t - t_0)\} \right]^{-1},$$

где V_t – число легковых автомобилей на 1000 чел./год t ; I_t – среднедушевой ВВП в постоянных ценах в год t ; P_t – стоимость покупки и эксплуатации автомобиля в постоянных ценах в год t ; V_0, I_0, P_0 – значения указанных показателей в базисный год t_0 (в работе Тейннера $t_0=1972$); S, a, b, c – оцениваемые параметры модели (S интерпретируется как уровень насыщения).

Некоторые из последующих работ Тейннера [38-40] посвящены уточнению функциональной формы кривой, описывающей динамику обеспеченности. В частности, он обращает внимание на то, что рост динамики обеспеченности населения легковыми автомобилями неравномерен: первая половина уровня насыщения достигается быстрее, чем вторая половина. Это свидетельствует в пользу того, что более адекватно описывает динамику обеспеченности асимметричная S-образная кривая, в частности, Тейннер использует «кривую силового роста» [38]:

$$V_t = S \left[1 + \left\{ \left(\frac{V_0}{S - V_0} \right)^{1/n} + a(t - t_0) + b \log \left(\frac{I_t}{I_0} \right) + c \log \left(\frac{P_t}{P_0} \right) \right\}^{-n} \right]^{-1},$$

где переменные $V_t, I_t, P_t, V_0, I_0, P_0$ – те же, что и ранее в вышеприведенной формуле; S, a, b, c, n – оцениваемые параметры модели (S интерпретируется как уровень насыщения).

Асимметричность этой кривой достигается за счет вариации параметра n , при $n \rightarrow \infty$ кривая становится полностью симметричной.

В дальнейшем Тейннер модифицирует показатель обеспеченности, а именно оценивает число легковых автомобилей на 1000 человек взрослого населения, который полагает более адекватным в описании процессов автомобилизации, особенно при высоких уровнях доходов [41]. Также он отмечает, что из различных показателей экономического развития наибольшей объясняющей способностью обладает среднедушевой ВВП по ППС предыдущих периодов (в его работе это среднедушевой ВВП по ППС 20-летней давности) [42]. В докладе [43] Тейннер обращает внимание на то, что обеспеченность легковыми автомобилями является инерционной величиной, слабо подверженной текущим изменениям экономической конъюнктуры, а также замечает, что на текущий уровень обеспеченности оказывают влияние экономический рост и уровень цен на покупку и обслуживание автомобиля в предыдущие периоды.

Для того, чтобы учесть эти обстоятельства он развивает модель силового роста [38] до лаговой модели следующего вида [43]:

$$V_t = \frac{S}{1 + [a + b(\log I_t + g_1 \log I_{t-1} + g_2 \log I_{t-2} + \dots) + c(\log P_t + h_1 \log P_{t-1} + h_2 \log P_{t-2} + \dots)]^n},$$

где переменные V_t , I_t , P_t , – те же, что и ранее в вышеприведенной формуле; S , a , b , c , n , g_1 , g_2, \dots , h_1 , h_2, \dots – оцениваемые параметры модели (S интерпретируется как уровень насыщения; n – степень асимметричности; g_i – параметры значимости доходов предыдущих периодов; h_i – параметры значимости стоимости покупки и эксплуатации предыдущих периодов).

Анализируя фактические данные, Тейннер приходит к выводу, что веса доходов и цен предыдущих периодов тем меньше, чем дальше этот период, а потому последняя модель может быть без значительной потери точности упрощена следующим образом:

$$X_t - gX_t = a(1 - g) + b \log I_t + c \log P_t,$$

где $X_t = [V_t / (S - V_t)]^{1/n}$; переменные V_t , I_t , P_t , – те же, что и ранее в вышеприведенной формуле; S , a , b , c , n , g – оцениваемые параметры модели (S интерпретируется как уровень насыщения; n – степень асимметричности; g – параметры значимости доходов и стоимости покупки и эксплуатации автомобиля предыдущих периодов).

В работах другого британского исследователя транспорта М. Могриджа внимание сосредоточено на влиянии стоимости покупки и эксплуатации на уровень обеспеченности. Он рассматривает обеспеченность как функцию от показателя расходов на покупку автомобиля, который в свою очередь оценивается как S-образная кривая, зависящая от различных факторов [44]. Могридж также обнаруживает, что, во-первых, расходы на эксплуатацию автомобилей играют большую роль, чем расходы на покупку [45], и, во-вторых, значительную роль в этом сыграло изменение цен на энергоресурсы после нефтяного кризиса 1973 г. [46]. Он также подтверждает наличие лага между падением доходов и изменением в динамике обеспеченности [47], на который указывал Тейннер. В статье [48] Могридж рассматривает автомобилизацию в зависимости от циклов Кондратьева, которые, по его мнению, с момента промышленной революции привели к четырем транспортным инновациям (водная (каналы и доки), паровая (трамвай), электрическая (метро и электрички), нефтяная (автомобили и самолеты)). Обращая внимание, что 1980-е годы – это конец четвертого цикла и начало пятого, Могридж провидчески размышляет над возможным концом эры традиционных автомобилей и возможной их эволюцией в самоуправляемые автомобили в течение следующих 50 лет. Здесь отметим, что с учетом планов крупнейших автопроизводителей по выводу беспилотных автомобилей на массовый рынок в начале 2020-х годов [49-51] Могридж не ошибся и со сроками. Такая транспортная новация, по мнению Могриджа, позволит быть автомобилистами тем, кто не имел такой возможности (пожилым и детям), что увеличит потенциальный уровень насыщения в Великобритании до 900 автомобилей на 1000 чел. С другой стороны, Могридж обращает внимание на наметившиеся отрицательные обратные связи автомобилизации: плотный трафик, который заметно повышает время, проведенное в поездке, что должно стимулировать развитие и конкуренцию со стороны альтернативных форм транспорта (общественный внутригородской, скоростные поезда и самолеты).

Ч. Марчетти развивает нестандартный подход к анализу уровня автомобилизации, а именно рассматривает модель Лотки-Вольтерры, которая обычно применяется в экологических исследованиях [52]:

$$dN / dt = \alpha_i N_i + \beta \sum_{j=1}^n \gamma_{ij} N_i N_j,$$

где N_i – число особей вида I ; α , β , γ – константы.

Основное предназначение этой модели – показать динамику численности определенного вида в условиях конкуренции со стороны других. Марчетти применяет эту модель к трем видам транспорта: поезда, легковые автомобили и самолеты, показывая как автомобили вытеснили поезда на протяжении XX в. и прогнозируя, что такая же судьба ждет автомобили ввиду конкуренции с самолетами. Его коллега Небойша Накиченович показывает [53] как логистические модели замещения (следствия из модели Лотки-Вольтерры), опробованные на анализе замещения одних источников энергии другими [54], описывают вытеснение конных повозок автомобилями, а также процессы вытеснения внутри автомобильного рынка и его компонент: замещение открытых автомобилей закрытыми, колодочного тормоза дисковым, диагональных шин радиальными и т.д. Этот подход также был опробован Романовичем и Овсински для моделирования смены одних поколений автомобилей другими [54-55].

К. Галлец делает несколько важных замечаний относительно объяснительной способности S-образных функций [56]. Во-первых, отмечает она, в логистических моделях уровень насыщения не следует принимать постоянным во времени. Это связано как с тем, что в работах предыдущих исследователей он менялся в зависимости от статистической выборки, так и с тем, что технологические изменения могут значительно на него влиять [48]. Во-вторых, значимое число данных по обеспеченности, не описываемых S-образными функциями [39]. Последнее обстоятельство даже привело некоторых исследователей к отказу от моделей с насыщением при моделировании обеспеченности населения легковыми автомобилями, например, работа [57].

Одной из центральных тем исследований автомобилизации выступали межстрановые сравнения и факторы, способные объяснить различия в уровнях обеспеченности в разных странах и предсказать темпы автомобилизации в развивающихся странах. Среди таких факторов выступали показатели экономического развития [42; 58], плотность населения [59-60], плотность железнодорожной сети [60], перенос крупными автопроизводителями предприятий в развивающиеся страны [61], уровень урбанизации [59; 62], средний размер домохозяйств [59], дифференциация по

доходам [62-63], доля лицензированных водителей [64]. Различия в стоимости владения автомобилем в разных странах компенсируются разнообразием на автомобильном рынке (по возрасту, размеру, топливной эффективности, типу топлива и т.д.) [64].

Дж. Даргей и Д. Гейтли в ряде статей [65-67] применяют S-образные функции для моделирования обеспеченности населения автомобилями по большой выборке стран.

В своих исследованиях, они учитывают асимметричность, на которую указывал Тейннер [38], применяя функцию Гомпертца для моделирования обеспеченности населения автомобилями:

$$V_t = S_t \exp[\alpha \exp(\beta GDP_t)],$$

где V_t – число автомобилей на 1000 чел. в год t ; GDP_t – уровень экономического развития в год t ; S_t – уровень насыщения в год t ; α и β – оцениваемые параметры (отрицательны). Коэффициент β есть характеристика того, при каком уровне душевого ВВП наступит насыщение.

Существенное продвижение в их работах состоит в том, что они формализуют идею о том, что уровень насыщения, может быть разным для разных стран и кроме того меняться во времени. Установив США как мировой образец максимально возможного уровня обеспеченности населения автомобилями, они для каждой страны i используют линейную регрессию [67]:

$$\gamma_{it} = \gamma_{USA} + \lambda \bar{D}_{it} + \phi \bar{U}_{it},$$

где γ_{it} – уровень насыщения в стране i в год t ; γ_{USA} – уровень насыщения в США;

$$\bar{U}_{it} = \max(U_{it} - U_{USA,t}; 0); \bar{D}_{it} = \max(D_{it} - D_{USA,t}; 0);$$

U_{it} – уровень урбанизации в стране i в год t ; U_{USA} – уровень урбанизации в США в год t ; D_{it} – плотность населения в стране i в год t ; $D_{USA,t}$ – плотность населения в США в год t ; λ , ϕ – оцениваемые параметры.

Л. Эдер и В. Немов развивают этот подход, дополняя список факторов, влияющих на уровень насыщения, следующими: среднедушевые выбросы CO_2 ; стоимость дизельного топлива; число часов в год, затраченное на подготовку документов и оплату основных видов налогов; плотность дорог [68].

К. Медлок и Р. Солиго предлагают для оценки уровня обеспеченности использовать лог-квадратичную модель [69]:

$$\log V_t = \alpha + \beta \log P_t + \chi \log I_t + \delta \log(I_t)^2,$$

где V_t – число автомобилей на 1000 чел. в год t ; P_t – стоимость использования автомобиля в год t ; I_t – среднедушевой доход в год t ; $\alpha, \beta, \chi, \delta$ – оцениваемые параметры, $\chi > 0, \delta < 0$.

Преимущество этой модели состоит в том, что она своей формой позволяет оценивать уровень насыщения. Эластичность обеспеченности по доходу можно записать в виде:

$$\partial \log V_t / \partial \log I_t = \chi + 2\delta \log I_t,$$

и отсюда определить уровень дохода, при котором эластичность равна нулю (т.е. уровень насыщения): $\log I_t = -(\chi / 2\delta)$.

Иную функциональную форму, предлагают Кобос и его соавторы [70]:

$$V_{t+1} = V_t \cdot \left[1 + n_k(I_t) \times \left[\frac{I_{t+1} - I_t}{I_t} \right] \times \left[1 - \frac{V_t}{S} \right] \right],$$

где V_t – обеспеченность населения автомобилями в год t ; I_t – среднедушевой доход в год t ; $n_k(I_t)$ – эластичность обеспеченности по доходу, зависящая от уровня дохода (убывающая по мере его роста); S – уровень насыщения.

К. Хирога обращает внимание на то, что владению автомобилями предшествует получение лицензии, поэтому в качестве основного факторов, определяющих уровни обеспеченности населения автомобилями, он выделяет доход лицензированных водителей и их численность [71]:

$$V_t = S \cdot \left[1 + \exp(-a) + \left(\frac{DrivInc_t}{DrivPop_t} \right)^{-b} \right]^{-1},$$

где V_t – обеспеченность населения автомобилями в год t ; $DrivInc_t$ – совокупные доходы обладателей водительских лицензий в год t ; $DrivPop_t$ – численность обладателей водительских лицензий в год t ; S – уровень насыщения; a, b – оцениваемые параметры.

Основная сложность такого подхода состоит в том, что оцениваемая отдельно модель для прогнозирования численности и доходов лицензированных водителей базируется на дезагрегированных данных (возрастная группа, пол, распределение доходов по возрасту и полу).

Ю. Вонг и его соавторы предлагают метод построения прогноза парка различных видов транспорта в Китае по аналогии. Для этого авторы принимают усредненные темпы роста обеспеченности насе-

ления автомобилями в других странах в ретроспективе (с того момента как они достигли текущего уровня обеспеченности Китая) в качестве перспективных темпов роста обеспеченности в Китае [72].

Подводя итоги этого раздела, отметим, что школа, основанная на анализе обеспеченности населения легковыми автомобилями, нашла множество последователей в разных странах и продолжает свою жизнь в их работах [73-77].

Когортные модели. Когортный анализ является своего рода переходным между агрегированным и дезагрегированным. С одной стороны, он опирается на дезагрегированную информацию об уровнях владения автомобилями в разных половозрастных группах. С другой стороны, внутри одной когорты используются наработки из агрегированного анализа обеспеченности населения автомобилями. Основу когортного анализа представляет разбиение текущего населения на группы с годами рождения в одном диапазоне и затем смещения этих когорт в будущее с описанием того, как, старея, люди в одной когорте будут приобретать, владеть и отказываться от автомобилей [78].

Как отмечает шведский исследователь Ж. Джанссон в процессе принятия решения относительно владения автомобилем, важную роль играет склонность начать владеть и отказаться от владения (Entry and Exit Propensities), которая в свою очередь зависит от таких характеристик потребителей как возраст и пол [79]. Изучая распределение покупок первого автомобиля (Entry Propensity) в зависимости от этих характеристик, Джанссон обнаруживает, что склонность начать владеть максимальна в молодом возрасте и уменьшается по мере взросления, причем у мужчин она в 3,5 раза выше. Склонность отказаться от владения (Exit Propensity) высока в молодом и пожилом возрасте и низка в среднем, причем в два раза выше у женщин [80]. Эти выводы позволяют ему сформулировать следующую модель для оценки склонности владения автомобилем для разных возрастных и половых групп [80]:

$$\text{Entry propensity} = cI^x P^y T^z \exp(aA + bB + sS),$$

где *Entry propensity* – склонность начать владеть автомобилем; *I* – доход; *P* – цена бензина; *T* – налог на автомобиль; *A* – возраст; *B* – год рождения; *S* – пол, *c*, *x*, *y*, *z*, *a*, *b*, *s* – оцениваемые параметры. Расчеты склонности владения в свою очередь используются для оценки обеспеченности населения легковыми автомобилями.

К. Галлец обращает внимание на проявление насыщения (разрыв в уровнях обеспеченности между молодыми поколениями значительно меньше разрыва в обеспеченности между старшими поколениями), а также на то, что к владению двумя и более автомобилями склонны люди среднего возраста.

Для прогнозирования динамики автопарка Галлец использует следующую модель [56]:

$$CarFleet_t = \sum_c \left(\frac{Car}{AD} \right)_{c,t} \cdot \left(\frac{AD}{HH} \right)_{c,t} \cdot HH_{c,t},$$

где $CarFleet_t$ – размер автопарка в год t ; $(Car/AD)_{c,t}$ – среднее число автомобилей на одного взрослого в когорте c в год t (прогнозируется в рамках продольного анализа¹); $(AD/HH)_{c,t}$ – среднее число взрослых на одно домохозяйство в когорте c в год t (прогнозируется в рамках продольного анализа); $HH_{c,t}$ – среднее число домохозяйств в когорте c в год t (прогнозируется в рамках продольного анализа).

Дж. Даргей развивает когортный подход в ряде статей, учитывая эффект дохода и относительных цен, а также эффект асимметричности (рост и падение доходов по-разному воздействуют на уровень обеспеченности) [81].

Деагрегированный анализ и модели дискретного выбора. Исследования домохозяйств и информация, полученная из опросов населения, по мере накопления позволяли улучшать качество анализа процессов автомобилизации за счет преодоления ограничений макропараметров. Исследования, использующие деагрегированную информацию для анализа процессов автомобилизации, появились уже в начале второй половины 20-го века. В рассмотрение вводятся такие характеристики отдельных потребителей и/или домохозяйств как:

- возраст потребителя или главы домохозяйства [82-94];
- семейное положение потребителя или главы домохозяйства [82; 87; 91; 93-99];
- тип населенного пункта и/или его региональное расположение [82; 84-85; 88-91; 93-95; 97-98; 100-103];
- наличие транспортного средства [82; 87; 93-94; 99; 104-106];
- число занятых в домохозяйстве [85-87; 89-90; 94; 96; 99; 103; 105; 107-111];

¹ *Продольный анализ — метод изучения демографических процессов, при котором они описываются и анализируются в когортах.*

- наличие и\или число детей в домохозяйстве [87-90; 92-93; 97-98; 101-103; 105; 108-109, 112];
- наличие пожилых членов домохозяйства [90; 98];
- расовая и\или этническая принадлежность потребителя или главы домохозяйства [88; 91];
- уровень образования потребителя или главы домохозяйства [88-89; 93-95; 99; 108; 112];
- уровень качества общественного транспорта до места работы [91-92; 99; 102; 108; 113];
- характеристики жилища [113];
- размер домохозяйства [83; 85; 87; 91; 93-96; 99; 102; 105; 108-109; 111; 113];
- число лицензированных водителей в домохозяйстве [94; 97-99; 102; 105; 108; 111; 113];
- пол потребителя или главы домохозяйства [83; 87-89; 91; 94; 103];
- доходная группа, к которой относится домохозяйство [84; 87; 90-91; 94; 97; 99; 101; 104; 106-107];
- частота использования общественного транспорта [106];
- наличие и\или частота использования велосипеда [93; 106];
- частота поездок на работу [100];
- частота и продолжительность нерабочих поездок [100];
- предоставление корпоративного автомобиля работодателем [98];
- род занятий потребителя или главы домохозяйства [93; 95; 97];
- психологические характеристики (подвижность, темперамент, склонность к демонстративному потреблению, социальность) потребителя [89; 94];
- экологическая ответственность потребителя [94].

Также в рамках дезагрегированного анализа изучались предпочтения потребителей относительно различных характеристик самих автомобилей таких, как размер автомобиля [86-87; 89; 114]; тип используемого топлива [87]; ширина кузова [84]; страна производства [84; 95]; мощность двигателя [84]; объем багажника [84]; марка автомобиля [84; 95]; удельный расход топлива [86]; возраст автомобиля [86-87].

Прогностические дезагрегированные модели, представленные рядом публикаций [98, 115-117], базируются на следующем подходе: на основе информации о доходах, характеристиках, расположении (тип места проживания, плотность населения, регион) и числе автомобилей во владении строятся две модели.

Первая показывает вероятность того, что домохозяйство будет владеть, по крайней мере, одним автомобилем:

$$P_{1+} = \frac{S_1}{1 + \exp(-LP_{one})},$$

где P_{1+} – вероятность того, что домохозяйство будет владеть хотя бы одним автомобилем; S_1 – уровень насыщения; LP_{one} – линейная функция от объясняющих параметров (обычно включающих доходные и прочие характеристики домохозяйств).

Вторая модель показывает условную вероятность того, что домохозяйство будет владеть, по крайней мере, двумя автомобилями:

$$P_{2+|1+} = \frac{S_2}{1 + \exp(-LP_{two})},$$

где $P_{2+|1+}$ – условная вероятность того, что домохозяйство будет владеть хотя бы двумя автомобилями; S_2 – уровень насыщения; LP_{two} – линейная функция от объясняющих параметров (обычно включающих доходные и прочие характеристики домохозяйств).

В таком случае полная вероятность того, что домохозяйство будет владеть двумя и более автомобилями определяется как: $P_{2+} = P_{1+} \cdot P_{2+|1+}$, а вероятность владения ровно одним автомобилем: $P_1 = P_{1+} - P_{2+}$ [115; 117].

Несколько другим подходом является применение моделей дискретного выбора, позволяющих описывать, объяснять и прогнозировать выбор между двумя и более альтернативами. Для большинства товаров долгосрочного пользования индивидуальный выбор дискретен: не владеть товаром, владеть одной единицей товара, владеть двумя и т.д.

В основу дискретного анализа для каждого домохозяйства i положена дискретная функция Y_i , например [56]: $Y_i = 1$, если домохозяйство владеет хотя бы одним автомобилем; $Y_i = 0$, в противном случае.

Рациональный потребитель сравнивает полезность от владения автомобилем и, если она оказывается выше невладения, то принимает решение владеть, т.е:

$$Y_i = 1 \Leftrightarrow U(Y_i = 1 / X_i) > U(Y_i = 0 / X_i);$$

$$Y_i = 0 \Leftrightarrow U(Y_i = 0 / X_i) > U(Y_i = 1 / X_i),$$

где $U(Y_i = n / X_i)$ – полезность от владения домохозяйством i владеть n автомобилями при условии влияния характеристик (доходы, стоимость владения и т.д.) домохозяйства, представленных вектором X_i .

Сравнение полезностей можно переформулировать в форме сравнения некоторой линейной функции по факторам, от которых зависит решение о покупке автомобиля, с нулем: $bX_i + \varepsilon_i \geq 0$, тогда вероятность владения хотя бы одним автомобилем можно определить как:

$$P(Y_i = 1) = P(bX_i + \varepsilon_i > 0) = P(\varepsilon_i > -bX_i) = 1 - P(\varepsilon_i < -bX_i) = 1 - F(-bX_i),$$

где P – вероятность, X_i – вектор факторов, b – вектор коэффициентов, ε_i – случайная компонента, F – функция распределения ε_i .

В качестве функции распределения выбирают различные распределения (нормальное [83; 88; 90; 92; 97; 102; 108; 111], логистическое [91; 103-104; 118-119], лог-нормальное [120], многомерное нормальное [106], мультиномиальное [84; 96; 99; 101; 110; 113]), параметры конкретной функции распределения оцениваются эмпирически.

К. Галлец делает несколько важных замечаний относительно ограничений применимости моделей дискретного выбора [56]. Во-первых, в этих моделях неправильные оценки перспективных доходов и цен вносят сильное искажение в оценки динамики парка. Во-вторых, в моделях дискретного выбора оценки эластичностей по факторам, полученные на поперечном срезе и откалиброванные на краткосрочных данных, переносятся на долгосрочную перспективу, что некорректно [121]. В-третьих, модели дискретного выбора не учитывают и не предсказывают насыщения обеспеченности автомобилями.

Теория ника. Совершенно отличный от предыдущих подход к анализу и прогнозированию процессов автомобилизации предлагает Д. Талукдар. Он также как и большинство предыдущих авторов объясняет динамику обеспеченности динамикой дохода и динамикой стоимости владения, но в отличие от них раскладывает модель на две составляющих [122]. В зависимости от дохода обеспеченность описывается сигмоидой (т.е. при некоторых уровнях благосостояния приходит к насыщению), а в зависимости от стоимости убывающей кривой. Талукбар утверждает, что с ростом экономического развития растет и стоимость эксплуатации: в нее он включает не только прямые затраты (стоимость покупки, топлива, страховки и т.д.), но и дополнительные издержки, спровоцированные властями с целью уменьшить отрицательные экстерналии автомобилизации: загрязнение воздуха, дорожный шум, аварии, пробки и расползание городов. Эти издержки закладываются в акцизы на топливо, плату за парковку, плату за пользова-

ние дорогами и т.д. В теоретической концепции Талукдара обеспеченность населения автомобилями при высоких уровнях экономического развития (среднедушевой ВВП около 21 тыс. долл.) движется по двум трендам: насыщению по доходам и снижению по стоимости владения, а потому претерпевает пик (растет до определенного уровня, а потом начинает снижаться). Такая динамика описывается с помощью кривой Кузнеця [122]:

$$V = \alpha + \beta GDP + \chi GDP^2 + \delta URB + \varepsilon DENS,$$

где V – число легковых автомобилей на 1000 чел.; GDP – среднедушевой ВВП; URB – уровень урбанизации; $DENS$ – плотность населения; $\alpha, \beta > 0, \chi < 0, \delta, \varepsilon$ – оцениваемые параметры.

Возможность снижения доли автотранспорта в общем спросе на поездки анализирует А. Шафер [123]. Он рассматривает концепцию бюджетов на поездки (денежного и временного), которая впервые была описана Я. Захави в докладе Всемирного банка 1976 г. [35]. Из эмпирического анализа следует, что денежный бюджет на поездки составляет примерно 10% общих расходов, а временной около 1 часа 10 минут. Временной бюджет на поездки хорошо описывает территориальное расселение: средние размеры городов росли по мере внедрения новых видов транспорта. Ч. Марчетти описывает эту взаимосвязь на примере Берлина: когда было распространено в основном пешее передвижение (т.е. скорость была около 5 км/ч) диаметр Берлина составлял 5 км (такой же размер свойственен и другим городам, а также деревням); распространение лошадиных повозок привело к росту среднего диаметра до 8 км; электрического трамвая – до 14 км; метро – до 32 км; автомобилей – до 40 км [124]. Временной бюджет на поездки не является константой (он колеблется для разных стран [123]), кроме того он больше у людей с более низкими доходами [125]. Тем не менее, Шафер полагает денежный и временной бюджеты относительно стабильными и в связи с этим прогнозирует постепенное переключение потребителей с низкоскоростных видов транспорта, к которым в городах относится и автомобиль, на высокоскоростные (самолеты и маглев²). В своих расчетах он прогнозирует к 2020 г. снижение доли автомобилей в спросе на поездки с 55 до 45-50% и повышение доли высокоскоростного транспорта с 9,5 до 21%. Однако ввиду общего роста спроса на

² *Маглев (поезд на магнитной подушке) – поезд, удерживаемый над полотном дороги, движимый и управляемый с помощью электромагнитного поля.*

поездки в расчетах Шафера обеспеченность населения автомобилями в мире все равно вырастет с 89 в 1990 г. до 126-154 автомобилей в 2020 г. [123]. Отметим, что фактические уровни обеспеченности, вероятно, будут находиться внутри этого коридора, в 2015 год число легковых автомобилей в мире достигло 126 ед. на 1000 чел. [126]. Вытеснение автомобилей высокоскоростными видами транспорта также описывается Ч. Марчетти и его соавторами с помощью кривых Лотки-Вольтерры [128].

Идея постоянного временного бюджета на перевозки не вызывает всеобщего согласия у исследователей спроса на поездки, в частности существуют попытки представить временной бюджет на поездки не как антропологический инвариант, а как функцию от различных социальных, экономических и культурных факторов [127].

Ряд исследователей на основе анализа статистических данных показывают, что использование автомобилей устойчиво снижается в Японии, США, Великобритании, Австралии и стагнирует в других развитых странах [129-131]. Ф. Гудвин отмечает, что попытки объяснить наблюдаемый феномен можно разбить на две группы [131]. В первой группе в качестве объясняющих факторов выступают экономические переменные: доходы, цены на топливо, стоимость эксплуатации автомобиля (включая затраты на получение лицензии, покупку, страховку, сервис, парковку, платный въезд), субсидии общественному транспорту, регулирование и налогообложение коммерческих автомобилей, безработица [130]. Во второй группе внимание фокусируется на социальных, культурных и политических факторах.

Гудвин приводит следующие из них [131]: ослабление связи между доходом и мобильностью; усиление роли общественного транспорта, а также пешеходного и велосипедного движения в экономическом процветании в некоторых из успешных городов³; развитие территориального планирования⁴; временной бюджет на

³ Сюда Гудвин относит: приоритетный доступ общественного транспорта к инфраструктуре, внедрение кольцевых линий, превращение городских центров в пешеходные зоны, развитие городского железнодорожного сообщения, выделение автомобильных полос под пешеходные зоны и/или для проезда общественного транспорта, повышение доступности (в том числе и ценовой) поездов и самолетов. Подробнее о транспортной политике в развитых странах пишет Вукан Вучик [132].

⁴ В том числе: перепланировка городских зон плотной застройки, перенос торговых и сервисных центров из пригородов внутрь города, создание привлекательных для высокодоходных групп граждан внутригородских жилищных комплексов, развитие общественных зон.

поездки; распространение «программ умного выбора»⁵; уменьшение склонности к получению водительских лицензий среди молодых людей (особенно подростков); снижение престижа владения автомобилем; контрсубурбанизация⁶; привнесение иммигрантами новых привычек мобильности; старение населения; совместное использования автомобилей; развитие электронной торговли; распространение удаленной работы; распространение мобильного интернета и социальных сетей⁷.

Учет влияния этих факторов может быть актуален при долгосрочном прогнозировании процессов автомобилизации в долгосрочной перспективе в странах, которые в настоящее время находятся на позднем этапе автомобилизации.

Процессы автомобилизации в социологии. Британский социолог Дж. Урри рассматривает особенности потребительского поведения на рынках автомобилей в рамках концепции социальных мобильностей. Однако в отличие от других средств передвижения автомобиль обладает рядом характеристик, которые определяют его особое положение на потребительском рынке. Во-первых, автомобиль позволяет отказаться от ряда границ: временных (движение по расписанию), пространственных (движение по заданным траекториям), т.е. делает передвижение более свободным. Во-вторых, будучи закрытым, он определяет возможность отделения от остальных, автономность. В-третьих, автомобильность является не просто одной из сторон современной жизни, но мощной наступательной силой, которая изменяет ландшафты и культуру людей [133].

С точки зрения Урри автомобильность наступает на другие виды мобильности, подстраивает под себя другие системы. Общество, по сути, адаптируется под автомобильность, уступая ей участки суши (дороги, парковки, которые становятся все более закрытыми), время (ожидание на пешеходном переходе, ожидание в пробках), здоровье и состояние окружающей среды (выхлопные газы), отдавая ей природные ресурсы (моторное топливо

⁵ Имеются в виду инициативы британского правительства по рационализации мобильности населения, в том числе: планирование поездок в школу и на работу; персонализация планирования поездок; кампании распространения информации о проблемах транспорта и преимуществах общественного транспорта перед личным; поддержка автомобильных клубов и совместного использования автомобилей; поддержка удаленной работы, телеконференций и удаленного шопинга.

⁶ Возвращение поколения бэби-бумеров из пригородов в города после того, как их дети покинули дом; предпочтения новых поколений жить в городах, а также более позднее создание семей.

⁷ Основная роль мобильного интернета и социальных сетей состоит в том, что их использование доступней во время поездок на общественном транспорте, а не за рулем автомобиля.

и пр.) и даже жизни (гибель в дорожных авариях). Причем, несмотря на то, что последнее считается случайностью, аварии являются нормальным компонентом автомобильной системы. Захватив разные области человеческой жизни, автомобильность оказалась в условиях самовоспроизводства и необратимого расширения: когда для автомобилей созданы и изменены целые области ландшафта или культуры, потребление автомобилей оказывается важным и полезным. Дж. Урри пишет «Каждый человек и каждый объект включен в сложные совокупности отношений с другими людьми и другими объектами. Автомобильность для жителя субурбии – не вопрос индивидуального «желания», «выбора» или «предпочтения» – это повседневная социальная практика, связанная с другими социальными практиками ... Индивидуальный протест против таких практик оказывается практически бессмысленным и неосуществимым» [133]. Потребительская ценность автомобилей повышается за счет его символического наполнения: за счет культурного проникновения автомобиль ассоциируется со взрослостью, ответственностью, наличием множества деловых связей и высокими карьерными достижениями, сексуальностью и маскулинностью, свободой.

Российские исследователи также не обошли вниманием социальные аспекты потребления и владения легковыми автомобилями. Т. Крупа рассматривает проблемы автомобилизации как проблемы городской среды, в которой происходит перманентная борьба между владельцами автомобилей, а также между ними и теми, кто автомобилем не владеет, за территориальные ресурсы (парковочные места против домовых дворов, детских площадок, мест выгула собак, территорий социально значимых объектов) [134]. С другой стороны, она рассматривает автомобиль как значимый фактор благополучия среднего класса в городах\регионах, в которых нет крупных производств (в данном случае Приморский край и город Владивосток), а потому население занято в основном в сфере услуг, которая находится в тесной зависимости от автомобильной составляющей [134]. Помимо экономических стимулов владения автомобилем Крупа выделяет также символические: социальная дифференциация в зависимости от обладания автомобилем и марки автомобиля.

Р. Кононенко исследует феномен автомобильности в советской и постсоветской России. С его точки зрения автомобилиза-

ция выступает ключевым элементом модернизации социального мира, приносящим новые формы движений, открытий, рисков, опасностей, неравенства и даже субкультур (автомобильные клубы). На основе панельных обследований и опросов Кононенко проводит эмпирический анализ основных характеристик и мотивов автомобильного потребления [135]. Среди них в исследовании отмечается способность автомобиля выступать маркером высокого или низкого социального статуса, причем эта роль автомобиля в постсоветской России возросла в силу того, что его символическую ценность сложно подделать [136]. Другим мотивом потребления автомобилей выступает то, что он хорошо вписывается в современную концепцию счастья (т.е. счастья как успеха, достижения цели, исполнения мечты). Автомобиль становится символом такого успеха, а потому объектом желания, что активно эксплуатируется автомобильной рекламой. Владение автомобилем – это возможность «беспрепятственного доступа повсюду в пространстве, границы которого быстро раздвигаются», автомобиль становится частью «технического расширения человека». Для постсоветской России импортные автомобили выступали символом западного капитализма, а их потребление символом «капитализируемости» [135]. По мнению Кононенко, символические блага, связанные с автомобилем, – свобода, благополучие, независимость – относятся к интегрирующему резерву ценностей населения России, выполняющих функции культурной интеграции [135; 137]. Кроме того на автомобильном рынке в современной России, успешно реализована потребительская гонка [138]: 16% владельцев новых отечественных автомобилей и 33% (!) владельцев иномарок в возрасте более года хотели бы при наличии такой возможности сменить автомобиль [139, с. 146-148].

Интересным стимулом автомобилизации в советское и постсоветское время выступает формирование «гаражной» гомосоциальной культуры, позволяющей дополнительную возможность социальной и психологической ниши (вне рутины и конфликтов семейной жизни), развития и пополнения мужских связей [140].

Таким образом, в потреблении автомобиля ярко проявляются черты потребительского общества: товар модифицирует своего потребителя, заставляя его потреблять в будущем с большей интенсивностью. Причем заметная доля спроса определяется не объективными характеристиками товара, а его символическим наполнением. Это в част-

ности определяет то, что автовладельцы меняют машину намного раньше, чем наступает ее физическое и даже моральное устаревание.

Процессы автомобилизации в транспортных исследованиях. Большое внимание к автомобилям привлекается в исследованиях транспорта и их влияния на урбанизированные и субурбанизированные места расселения. Личный автомобиль в таких исследованиях выступает как один из основных элементов транспортной системы, конкурирующий за территориальные ресурсы. В силу того, что он является не самым рациональным средством передвижения (занимает существенную площадь на дорогах и парковках, перевоза при этом небольшое количество людей), многие исследования транспорта посвящены тому, как привести в равновесие транспортную систему за счет стимулирования использования более рациональных средств передвижения (общественный и велосипедный транспорт, пешее передвижение) и дестимулирования использования личного автомобиля. Например, Дж. Уордроп адаптирует модель равновесия Нэша к нахождению точки равновесия индивидуальных предпочтений при использовании автомобилей и общественного транспорта, которая при этом может не совпадать с минимумом совокупной отрицательной полезности использования транспорта («социального оптимума») [141], что подтверждает необходимость соответствующей транспортной политики. В. Вучик обращает внимание на то, что автомобильный транспорт является субсидируемым (что является одним из важных стимулов автомобилизации). Субсидии при этом (в отличие от общественного транспорта) являются скрытыми⁸. К ним Вучик относит бесплатные парковки (оплачиваемые бизнесом и налогоплательщиками), дорожное строительство (которое во многих странах не покрывается полностью целевыми налогами), оплата налогоплательщиками негативных социальных и экологических последствий автомобилизации⁹. Другим стимулом автомобилизации являются низкие прямые ежедневные платежи на использование автомобилей при больших постоянных платежах (страховка, ремонт, амортизация). Это соз-

⁸ В ряде штатов США есть и явные формы субсидирования – налоговые вычеты по расходам на трудовые автомобильные поездки.

⁹ К социальным негативным последствиям автомобилизации Вучик относит: смерти и травмы на дорогах; изменение конфигурации городов в пользу автомобилей, а не жителей; ослабление социальных связей; деградацию исторической и гуманитарно-ориентированной частей городской застройки; усиление социальной сегрегации [132].

дает иллюзию для автомобилиста, что использование автомобиля обходится ему дешево и является выгодным [132].

Преодоление этих аспектов использования легкового автомобильного транспорта, в разных городах мира проводится за счет внедрения как организационных, так и экономических ограничений [132].

Закключение. Подводя итоги, отметим, что в настоящее время при построении долгосрочных прогнозов автомобилизации есть существенная потребность в адаптации и модификации описанных выше подходов с учетом возможной трансформации логики воспроизводства парка под влиянием двух относительно новых факторов: совместное использование автомобилей и распространение полностью беспилотных автомобилей. Существуют работы, выполненные аналитическими группами, например [142], описывающие возможное существенное снижение парка легковых автомобилей в силу их более интенсивного использования в качестве беспилотных такси. Однако, по мнению автора, наблюдается недостаток научных исследований, предлагающих методы долгосрочного прогнозирования с учетом этих факторов и обоснованные оценки динамики парка легковых автомобилей. Соответственно усилия автора направлены на разработку метода прогнозирования динамики парка легковых автомобилей с учетом распространения практик совместного использования и внедрения беспилотных автомобилей [143].

Литература и информационные источники

1. Jong G., Fox J., Andrew Daly, Pieters M., Smit R. Comparison of car ownership models // *A Transnational Transdisciplinary Journal*. 2004. Vol. 24. № 4. Pp. 379-408.
2. Hess A.C. A comparison of automobile demand equations // *Econometrica*. 1977. Vol. 45. № 3. Pp. 683-702.
3. Roos C.F. and Szeliski V. The concept of demand and price elasticity: the dynamics of automobile demand // *Journal of the American Statistical Association*. 1939. Vol. 34. Pp. 652-664.
4. Atkinson L.J. Demand for consumer durable goods // *Survey of Current Business*. 1950. Pp. 5-10.
5. Smeed R.J. Likely increases of road traffic in Great Britain // *Harmondsworth: Road Research Laboratory*. 1951. Research Note RN/1518. 32 p.
6. Rudd E. The relationship between the national income and vehicle registrations // *Harmondsworth: Road Research Laboratory*. 1951. Research Note RN/1631. 40 p.
7. Reynolds J. An estimate of the demand for private cars in Great Britain in 1952 // *Harmondsworth: Road Research Laboratory*. 1954. Research Note RN/2134. 37 p.
8. Cohen M. How big is the automobile market? // *National Industrial Conference Board, Business Record*. 1956. Vol. 13. Pp. 7-12.
9. Wolff P. The demand for passenger cars in the United States // *Econometrica*. 1938. Vol. 6. № 2. Pp. 113-129.
10. Farrell M.J. The demand for motor-cars in the United States // *Journal of the Royal Statistical Society*. 1954. Vol. 117. № 2. Pp. 171-201.
11. Armstrong A.G., Odlin-Smee J.C. The demand for new cars: a theoretical model of replacement demand // *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*. 1978. Vol. 40. № 4. Pp. 281-302.

12. Cragg J.G., Russell S.U. *The demand for automobiles // The Canadian Journal of Economics*. 1970. Vol. 3. № 3. Pp. 386-406.
13. Suits D.B. *The demand for new automobiles in the United States 1929-1956 // The Review of Economics and Statistics*. 1958. Vol. 40. № 3. Pp. 273-280.
14. Silberston A. *Hire purchase controls and the demand for cars // The Economic Journal*, 1963. Vol. 73. № 289. Pp. 32-53.
15. Hamburger M. J. *Interest rates and the demand for consumer durable goods // The American Economic Review*. 1967. Vol. 57. № 5. Pp. 1131-1153.
16. Wachtel P., Juster T. *Anticipatory and objective models of durable goods demand // The American Economic Review*. 1972. Vol. 62. № 4. pp. 564-579.
17. Spiro M.H., Reza A.M. *The demand for passenger cars, transport service and for gasoline // Journal of Transport Economics and Policy*. 1979. Vol. 13. № 3. Pp. 304-319.
18. Lave C.A., Bradley J. *Market share of imported cars: a model of geographic and demographic determinants // Transport Research Part A*. 1980. Vol. 14. № 5. Pp. 379-387.
19. Suits D.B. *Exploring alternative formulations of automobile demand // The Review of Economics and Statistics*. 1961. Vol. 43. № 1. Pp. 66-69.
20. Parks, R. W. *Systems of demand equations: an empirical comparison of alternative functional forms // Econometrica*, 1969. Vol. 37. № 4. Pp. 629-650.
21. Mogridge M.J.H. *The car market: a study of the statics and dynamics of supply demand equilibrium // London: Pion Limited*. 1983. 208 p.
22. Manski C.F. *Analysis of equilibrium automobile holdings in Israel with aggregate discrete choice models // Transportation Research Part B*. 1983. Vol. 17. № 5. Pp. 373-389.
23. Berry S., Levinsohn J., Pakes A. *Automobile prices in market equilibrium // Econometrica*. 1995. Vol. 63. № 4. Pp. 841-890.
24. *Auto-Oil II Cost-effectiveness: Study Description of the Analytical Tools TREMOVE 1.1 // Standard and Poor's DRI, Second Draft, Working Document*. 1999. 134 p.
25. Эткин Д. *Возможный подход к прогнозированию объема продаж массовых автомобилей (на примере авторынка США) // Проблемы прогнозирования*. 2009. № 1. С. 132-143.
26. O'Herlihy C.St.J. *Demand for cars in Great Britain // Journal of the Royal Statistical Society. Series C (Applied Statistics)*. 1965. Vol. 14. № 2/3. Pp. 162-195.
27. Sleeman J.F. *The geographical distribution of motor cars in Great Britain // Scottish Journal of Political Economy*. 1961. Vol.8. № 1. Pp. 71-81.
28. Sleeman J.F. *A new look at the distribution of private cars in Britain // Scottish Journal of Political Economy*. 1969. Vol.16. № 1. Pp. 306-318.
29. Tanner J.C. *Some factors affecting the number of licensed vehicles in different parts of the country // Harmondsworth: Road Research Laboratory, Research Note RN/2855*. 1956. 80 p.
30. Buxton M.L., Rhys D.G. *The demand for car ownership: a note // Scottish Journal of Political Economy*. 1972. Vol.19. № 2. Pp. 175-181.
31. Pearman A.D., Button K.J. *Regional variations in car ownership // Applied Economics*. 1976. Vol. 8. № 3. Pp. 231-233.
32. Fairhurst M.H. *The influence of public transport on car ownership in London // Journal of Transport Economics and Policy*. 1975. Vol. 9. № 3. Pp. 193-208.
33. Button K.J., Pearman A.D., Fowkes A.S. *Some outstanding problems in the causal modelling of car ownership at the local level // Transportation Planning and Technology*. 1979. Vol. 5. № 4. Pp. 205-213.
34. Button K.J., Pearman A.D., Fowkes A.S. *Car ownership modelling and forecasting // Aldershot, Hampshire : Gower*. 1982. 157 p.
35. Zahavi Y. *Travel characteristics in cities of developing and developed countries // Staff Working Paper 230. Washington: The World Bank*. 1976. 113 p.
36. Tanner J.C. *An analysis of increases in motor vehicles in Great Britain and the United States // Harmondsworth: Road Research Laboratory, Research Note RN/3340*. 1958. 65 p.
37. Tanner J.C. *Forecasts of vehicles and traffic in Great Britain: 1974 revision // Crowthorne: Department of the Environment, Transport and Road Research Laboratory, TRRL Report LR650*. 1975. 79 p.
38. Tanner J.C. *Car ownership trends and forecasts // Crowthorne: Department of the Environment, Transport and Road Research Laboratory, TRRL Report LR799*. 1977. 122 p.
39. Tanner J.C. *Long-term forecasting of vehicle ownership and road traffic // Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*. 1978. Vol. 141. № 1. Pp. 14-63.
40. Tanner J.C. *Choice of model structure for car ownership forecasting // Crowthorne: Department of the Environment, Transport and Road Research Laboratory, TRRL SR523*. 1979. 44 p.
41. Tanner J.C. *Saturation levels in car ownership models: some recent data // Crowthorne: Department of the Environment, Transport and Road Research Laboratory, TRRL SR669*. 1981. 31 p.

42. Tanner J.C. *International comparisons of cars and car usage* // Crowthorne: Department of the Environment, Transport and Road Research Laboratory, TRRL LR1070. 1983. 75 p.
43. Tanner J.C. *A lagged model for car ownership forecasting* // Crowthorne: Department of the Environment, Transport and Road Research Laboratory, TRRL LR1072. 1983. 21 p.
44. Mogridge M.J.H. *The prediction of car ownership* // *Journal of Transport Economics and Policy*. 1967. Vol. 1. № 1. Pp. 54-74.
45. Mogridge M.J.H. *An analysis of household transport expenditures 1971-1975* // *Transportation Models*. PTRC Education and Research Services Ltd. on behalf of Planning and Transportation Research and Computation (International) Co. Ltd. P153. 1977. Pp. 68-85.
46. Mogridge M.J.H. *The effect of the oil crisis on the growth of car ownership and Use* // *Transportation*. 1978. Vol. 7. № 1. Pp. 45-67.
47. Goodwin P., Mogridge M.J.H. *Hypotheses for a fully dynamic model of car ownership* // *International Journal of Transport Economics*. 1981. Vol. 8. № 3. Pp. 313-326.
48. Mogridge M.J.H. *The prediction of car ownership and use revisited: the beginning of the end?* // *Journal of Transport Economics and Policy*. 1989. Vol. 23. № 1. Pp. 55-74.
49. Sage A., Lienert P. *Ford plans self-driving car for ride share fleets in 2021* // Reuters, 2016. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.reuters.com/article/us-ford-autonomous/ford-plans-self-driving-car-for-ride-share-fleets-in-2021-idUSKCN10R1G1>
50. Lambert F. *BMW will launch the electric and autonomous iNext in 2021, new i8 in 2018 and not much in-between* // *Electrek*, 2016. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://electrek.co/2016/05/12/bmw-electric-autonomous-inext-2021/>
51. Caddy B. *Toyota to launch first driverless car in 2020* // *Wired*, 2015. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.wired.co.uk/article/toyota-highway-teammate-driverless-car-tokyo>
52. Marchetti C. *The automobile in a system context: the past 80 years and the next 20 years* // *Technological Forecasting and Social Change*. 1983. Vol. 23. № 1. Pp. 3-23.
53. Nakicenovic N. *The automobile road to technological change: diffusion of the automobile as a process of technological substitution* // *Technological Forecasting and Social Change*. 1986. Vol. 29. № 4. Pp. 309-340.
54. Marchetti C., Nakicenovic N. *The dynamics of energy systems and the logistic substitution model* // *Laxenburg, Austria: International Institute for Applied Systems Analysis, RR-79-013*. 1978. 85 p.
55. Romanowich T.M., Owsinski J.W. *On dynamic modeling of car populations. Part I: a data-based analysis* // *Technological Forecasting and Social Change*. 1988. Vol. 34. Pp. 135-144.
56. Gallez C. *Identifying the long term dynamics of car ownership: a demographic approach* // *Transport Reviews: A Transnational Transdisciplinary Journal*. 1994. Vol. 14. № 1. Pp. 83-102.
57. Romilly P., Song H., Liu X. *Modelling and forecasting car ownership in Britain: a cointegration and general to specific approach* // *Journal of Transport Economics and Policy*. 1998. Vol. 32. № 2. Pp. 165-185.
58. Button K.J., Hine J., Ngoe N. *Modelling vehicle ownership and use in low-income countries* // *Journal of Transport and Policy*. 1993. Vol. 27. № 1. Pp. 51-67.
59. Chamon M., Mauro P., Okawa Y., Temple J., Schultz C. *Mass car ownership in the emerging market giants* // *Economic Policy*. 2008. Vol. 23. № 54. Pp. 243-296.
60. Silberston A. *Automobile use and the standard of living in east and west* // *Journal of Transport Economics and Policy*. 1970. Vol. 4. № 1. Pp. 3-14.
61. Spencer A.H. *The car in Southeast Asia* // *Transportation Research Part A*. 1989. Vol. 23. № 6. Pp. 425-437.
62. Gakenheimer R. *Urban mobility in the developing world* // *Transportation Research Part A*. 1999. Vol. 33. № 7. Pp. 671-689.
63. Storchmann K. *Long-run gasoline demand for passenger cars: the role of income distribution* // *Energy Economics*. 2005. Vol. 27. № 1. Pp. 25-58.
64. Korver W., Klooster J., Jansen G.R.M. *Car – increasing ownership and decreasing use?* // In: Salomon I., Bovy P., Orfeuil J.P. (eds) *A Billion Trips a Day*. *Transportation Research, Economics and Policy*. Springer, Dordrecht. 1993. Pp. 75-100.
65. Dargay J., Gatley D. *Vehicle ownership to 2015: implications for energy use and emissions* // *Energy Policy*. 1997. Vol. 25. № 14-15. Pp. 1121-1127.
66. Dargay J., Gatley D. *Income's effect on car and vehicle ownership, worldwide: 1960-2015* // *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. 1999. Vol. 33. № 2. Pp. 101-138.
67. Dargay J., Gatley D., Sommer M. *Vehicle ownership and income growth, worldwide: 1960-2030* // *The Energy Journal*. 2007. Vol. 28. № 4. Pp. 143-170.
68. Эдер Л.В., Немов В.Ю. *Прогнозирование потребления энергии легковым автомобильным транспортом* // *Проблемы прогнозирования*. 2017. № 4. С. 83-93.

69. Medlock III K.B., Soligo R. *Car ownership and economic development with forecasts to the year 2015* // *Journal of Transport Economics and Policy*. 2002. Vol. 36. Part 2. pp. 163-188.
70. Kobos P.H., Erickson J.D., Drennen T.E. *Scenario analysis of Chinese passenger vehicle growth* // *Contemporary Economic Policy*, 2003, Vol. 21, № 2, Pp. 200-217.
71. Hirota K. *Passenger car ownership estimation toward 2030 in Japan* // *Studies in Regional Science*. 2007. Vol. 37. № 1. Pp. 25-39.
72. Wang Y., Teter J., Sperling D. *China's soaring vehicle population: Even greater than forecasted?* // *Energy Policy*. 2011. Vol. 39. № 6. Pp. 3296-3306.
73. Debabrata D., Subhash D., Sharifuddin. *Car ownership growth in Delphi* // *Decision*. 2010. Vol. 37. № 2. Pp. 51-62.
74. Hao H., Wang H., Yi R. *Hybrid modeling of China's vehicle ownership and projection through 2050* // *Energy*. 2011. Vol. 36. № 2. Pp. 1351-1361.
75. Huo H., Wang M. *Modeling future vehicle sales and stock in China* // *Energy Policy*. 2012. Vol. 43. Pp. 17-29.
76. Huo H., Wang M., Johnson L., He D. *Projection of Chinese Motor Vehicle Growth, Oil Demand, and CO2 Emissions through 2050* // *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*. 2007. Vol. 2038. Pp. 69-77.
77. Wu T., Zhao H., Ou X. *Vehicle Ownership Analysis Based on GDP per Capita in China: 1963 – 2050* // *Sustainability*. 2014. Vol. 6. № 8. Pp. 4877-4899.
78. Nguyen T., Madre J.L. *Using a demographic-based model in forecasting travel demand in Hanoi* // *EASTS2017 – 12th International Conference of Eastern Asia Society For Transportation Studies*. 2017. Pp. 9P.
79. Jansson J.O. *Car demand modelling and forecasting: a new approach* // *Journal of Transport Economics and Policy*. 1989. Vol. 23. № 2. Pp. 125-140.
80. Jansson J.O. *Car ownership entry and exit propensities of different generations – a key factor for the development of the total car fleet* // *Reprint from Developments in Dynamic and Activity-Based Approaches to Travel Analysis*, edited by Peter Jones, *Transport Studies Unit, Oxford University*. 1991. Pp. 417-435.
81. Dargay J. *The effect of income on car ownership: evidence of asymmetry* // *Transportation Research Part A*. 2001. Vol. 35. № 9. Pp. 807-821.
82. Janosi P.E. *Factors influencing the demand for new automobiles* // *Journal of Marketing*. 1959. Vol. 23. № 4. Pp. 412-418.
83. Jong G.C. *An indirect utility model of car ownership and private car use* // *European Economic Review*. 1989. Vol. 34. Pp. 97-985.
84. Mannering F., Winston C. *A dynamic empirical analysis of household vehicle ownership and utilization* // *The RAND Journal of Economics*. 1985. Vol. 16. № 2. Pp. 215-236.
85. Schimek P. *Household motor vehicle ownership and use: how much does residential density matter?* // *Transportation Research Record*. 1996. Vol. 1552. Pp. 120-125.
86. Hensher D.A., Milthorpe F.W., Smith N.C. *The demand for vehicle use in the urban household sector: theory and empirical evidence* // *Journal of Transport Economics and Policy*. 1990. Vol. 24. № 2. Pp. 119-137.
87. Golob T.F., Bunch D.S., Brownstone D. *A vehicle use forecasting model based on revealed and stated vehicle type choice and utilisation data* // *Journal of Transport Economics and Policy*. 1997. Vol. 31. № 1. Pp. 69-92.
88. Raphael S., Rice L. *Car ownership, employment, and earnings* // *Journal of Urban Economics*. 2002. Vol. 52. Pp. 109-130.
89. Choo S., Mokhtarian P.L. *What type of vehicle do people drive? The role of attitude and lifestyle in influencing vehicle type choice* // *Transportation Research Part A*. 2004. Vol. 38. Pp. 201-222.
90. Giuliano G., Dargay J. *Car ownership, travel and land use: a comparison of the US and Great Britain* // *Transportation Research Part A*. 2006. Vol. 40. Pp. 106-124.
91. Hess D.B., Ong P.M. *Traditional neighborhoods and automobile ownership* // *Transportation Research Record*. 2006. Vol. 1805. № 02-2594.
92. Karlaftis M., Golias J. *Automobile ownership, households without automobiles, and urban traffic parameters: are they related?* // *Transportation Research Record*. 2002. Vol. 1792. № 02-2429.
93. Li J., Walker J.L., Srinivasan S., Anderson W.P. *Modeling private car ownership in China – investigation of urban form impact across megacities* // *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*. 2010. Vol. 2193. Pp. 76-84.
94. Nayum A., Klockner C.A., Prugsamatz S. *Influences of car type class and carbon dioxide emission levels on purchases of new cars: a retrospective analysis of car purchases in Norway* // *Transportation Research Part A*. 2013. Vol. 48. Pp. 96-108.

95. Gilbert C.C.S. *A duration model of automobile ownership* // *Transportation Research Part B*. 1992. Vol. 26. № 2, Pp. 97-114.
96. Purvis C.L. *Using 1990 census public use microdata sample to estimate demographic and automobile ownership models* // *Transportation Research Record*. 1994. Vol. 1443. Pp. 21-29.
97. Chu Y., *Automobile ownership analysis using ordered probit models* // *Transportation Research Record*. 2002. Vol. 1805. № 02-3597.
98. Whelan G. *Modelling car ownership in Great Britain* // *Transportation Research Part A*. 2007. Vol. 41. pp. 205-219.
99. Potoglou D., Kanaroglou P.S. *Modelling car ownership in urban areas: a case study of Hamilton, Canada* // *Journal of Transport Geography*. 2008. Vol. 16. pp. 42-54.
100. Ben-Akiva M., Manski C.F., Sherman L. *A behavioral approach to modelling household motor vehicle ownership and applications to aggregate policy analysis* // *Environment and Planning A*. 1981. Vol. 13. Pp. 399-411.
101. Ryan J.M., Han G. *Vehicle-ownership model using family structure and accessibility application to Honolulu, Hawaii* // *Transportation Research Record*. 1999. Vol. 1676. № 88-0660. Pp. 1-10.
102. Pendyala R.M., Kostyniuk L.P., Goulias K.G. *A repeated cross-sectional evaluation of car ownership* // *Transportation*. 1995. Vol. 22. Pp.165-184.
103. Dargay J., Hivert L., Legros D. *The dynamics of car availability in EU countries: a comparison based on the european household panel survey* // *LATSS Research*. 2008. Vol. 32. № 2. Pp. 44-55.
104. Train K.A. *Structured logit model of auto ownership and mode choice* // *Review of Economic Studies*. 1980. Vol. 47. Pp. 357-370.
105. Kitamura R. *A panel analysis of household ownership and mobility* // *PROC. OF JSCE*, 1987, № 383/N-7.
106. Golob T.F. *Effects of income and car ownership on trip generation: a structural equations model and its temporal stability* // *Transportation Research Part B*. 1989. Vol. 23. № 6. Pp. 471-491.
107. Wootton H.J., Pick G.W. *A model for trips generated by households* // *Journal of Transport Economics and Policy*. 1967. Vol. 1. № 2. Pp. 137-153.
108. Kitamura R, Bunch D.S. *Heterogeneity and state dependence in household car ownership: a panel analysis using ordered-response probit models with error components* // *Transportation and Traffic Theory*. 1990. № 52. Pp. 476-496.
109. Prevedouros P.D., Schofer J.L. *Factors affecting automobile ownership and use* // *Transportation Research Record*. 1992. Vol. 1364. Pp. 152-160.
110. Bhat C.R., Pulugurta V. *A comparison of two alternative behavioural choice mechanisms for household auto ownership decisions* // *Transportation Research Part B*. 1998. Vol. 32. № 1. Pp. 61-75.
111. Kim H.S., Kim E. *Effects of public transit on automobile ownership and use in households of the USA* // *RURDS – The Applied Regional Science Conference (ARSC)*. 2004. Vol. 16. № 3. Pp. 245-262.
112. Dagenais M.G. *Application of a threshold regression model to household purchases of automobiles* // *The Review of Economics and Statistics*. 1975. Vol. 57. № 3. Pp. 275-285.
113. Lerman S.R., Ben-Akiva M. *Disaggregate behavioral model of automobile ownership* // *Transportation Research Record*. 1975. Vol. 569. Pp. 34-55.
114. Carlson R.L., Umble M.M. *Statistical demand functions for automobiles and their use for forecasting in an energy crisis* // *The Journal of Business*. 1980. Vol. 53. № 2. Pp. 193-204.
115. Button K.J., Pearman A.D., Fowkes A.S. *Disaggregate and aggregate car ownership forecasting in Great Britain* // *Transport Research Part A*. 1980. Vol. 14. Pp. 263-273.
116. Greenman J.V. *The car park: Diffusion models revisited* // *Energy Economics*. 1996. Vol. 18. Pp. 107-128.
117. Whelan G., Wardman M., Daly, A. *Is there a limit to car ownership growth? An exploration of household saturation levels using two novel approaches* // *In: Paper presented at European Transport Conference*. 2000. PTRC. Cambridge. Pp. 255-264.
118. Hensher D.A., Manefield T. *A structured-logit model of automobile acquisition and type choice* // *Proceedings of the 7th Australian Transport Research Forum, Hobart, Tasmania*. 1982. Pp. 625-654.
119. Berkovec J., Rust J. *A nested logit model of automobile holdings for one vehicle households* // *Transportation Research Part B*. 1985. Vol. 19. Pp. 275-285.
120. Deaton A., Muellbauer J. *Economics and Consumer Behaviour* // Cambridge, U.K.: Cambridge University Press. 1980. 466 p.
121. Gardes F., Langlois S., Richaudeau D. *Cross-section versus time-series income elasticities of Canadian consumption* // *Economics Letters*. 1996. Vol. 51. № 2. Pp. 169-175.
122. Talukdar D. *Economic growth and automobile dependence: is there a Kuznets curve for motorization?* // *Massachusetts Institute of Technology, Master of City Planning thesis*. 1997.

123. Schafer A. *The global demand for motorized mobility* // *Transportation Research Part A*. 1998. Vol. 32. Pp. 455-477.
124. Marchetti C. *Anthropological invariants in travel behavior* // *Technological Forecasting and Social Change*. 1994. Vol. 47. Pp. 75-88.
125. Roth G.J., Zahavi Y. *Travel time budgets in developing countries* // *Transportation Research Part A*. 1981. Vol. 15. Pp. 87-96.
126. Davis S.C., Williams S.E., Boundy R.G. *Transportation Energy Data Book: Edition 36* // *Office of Energy Efficiency and Renewable Energy*. U.S. Department of Energy. 2017. 400 p.
127. Mokhtarian P., Chen C. *TTB or not TTB, that is the question: a review and analysis of the empirical literature on travel time (and money) budgets* // *Transportation Research Part A*. 2004. Vol. 38. Pp. 643-675.
128. Ausubel J.H., Marchetti C., Meyer P.S. *Toward green mobility^ the evolution of transport* // *European Review*. 1998. Vol. 6. № 2. Pp. 137-156.
129. Millard-Ball A., Schipper L. *Are we reaching peak travel? Trends in passenger transport in eight industrialized countries* // *Transport Reviews*. 2010. Vol. 31. № 3. pp. 1-22.
130. Gargett D. *Traffic growth: modelling a global phenomenon* // *World Transport Policy and Practice*. 2012. Vol. 18. № 4. Pp. 27-45.
131. Goodwin P. *Peak Travel, peak car and the future of mobility: Evidence, Unresolved Issues, Policy Implications, and a Research Agenda* // *International Transport Forum, Discussion Paper*. 2012. № 13. 41 p.
132. Вучик В.Р. *Транспорт в городах, удобных для жизни* / Под научн. ред. М. Блинкина; пер. с англ. А. Калинина: *Территория будущего*. М., 2011. 413 с.
133. Урри Д. *Мобильности*. М.: *Праксис*, 2012. 576 с.
134. Крупа Т. *Региональные аспекты социокультурных проблем автомобилизации городской среды (на материалах Приморского края)* // *Историческая и социально-образовательная мысль*. 2016. Т. 8. № 3/2. С. 111-120.
135. Кононенко Р. *Автомобильность в России*. М.: ООО «Вариант», ЦСПГИ, 2011. 160 с.
136. Ильин В.И. *Общество потребления: теоретическая модель и российская реальность* // *Мир России*. 2005. Т. 14. № 2. С. 3-40.
137. Лапин Н.И. *Как чувствуют себя, к чему стремятся граждане России* // *Мир России*. 2003. Т. 7. № 4. С. 120-158.
138. Радаев В.В. *Социология потребления: основные подходы* // *Социологические исследования*. 2005. № 1. С. 5-18.
139. Горшков М.К., Тихонова Н.Е., Чепуренко А.Ю. *Собственность и бизнес в жизни и восприятии россиян*. М.: *Наука*, 2006. 392 с.
140. Siegelbaum L. *Cars for comrades. The life of the Soviet automobile* // *Cornell University Press*. 2008. 328 p.
141. Wardrop J.G. *Some theoretical aspects of road traffic research* // *Proceedings of the Institute of Civil Engineers*. 1952. Vol. 1. № 3. Pp. 325-362.
142. Arbib J., Seba T. *Rethinking Transportation 2020-2030: The Disruption of Transportation and the Collapse of the Internal-Combustion Vehicle and Oil Industries* // *A RethinkX Sector Disruption Report*. 2017.
143. Милакин С.Р. *Оценка влияния распространения беспилотного совместно используемого транспорта на динамику и структуру парка легковых автомобилей* // *Сб. тезисов докладов научной конференции молодых ученых «Создание дохода, накопление национального богатство, формирующиеся рынки и новые мировые финансы»*. М.: ИНИП РАН, 2018. С. 14-20.