

К.В. Янков,  
Л.А. Лавриненко,  
М.С. Фадеев

**ОПЫТ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ  
ПАССАЖИРОПОТОКОВ И СОЦИАЛЬНО-  
ЭКОНОМИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ ПРИ УСКОРЕНИИ  
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО СООБЩЕНИЯ  
В САМАРО-ТОЛЬЯТТИНСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ**

*Введение.* В последнее десятилетие в России осуществляются проекты по ускорению железнодорожного сообщения в крупных городах и агломерациях. Так, построены новые линии в Сочи, линии в аэропорты Москвы, Казани и Владивостока, близится к завершению проект организации пассажирского движения по железнодорожному кольцу в Москве. Не все проекты оказались востребованы: так, линии в аэропорты Казани и Владивостока, имея незначительный пассажиропоток, приносят большие убытки. Поэтому представляется важной разработка инструментов прогнозирования последствий осуществления таких проектов.

Задачи настоящего исследования: разработка предложений по ускорению железнодорожного пассажирского сообщения в Самаро-Тольяттинской агломерации, прогноз возможных пассажиропотоков и обоснование возникающих социально-экономических эффектов. В проводившихся ранее исследованиях указывалось на необходимость преобразования железнодорожной линии Самара – Курумоч – Тольятти в скоростную магистраль, однако это не подкреплялось прогнозными расчетами пассажиропотоков [1].

В ходе работы необходим анализ пассажиропотоков внутри Самаро-Тольяттинской агломерации, в которую принято включать, кроме городов Самара и Тольятти, также города Сызрань, Октябрьск, Новокуйбышевск, Чапаевск, Жигулевск и Кинель, что делает ее по численности населения (от 2,3 до 2,7 млн. чел.) третьей в России. Наиболее подробно нами изучались пассажиропотоки между крупнейшими городами агломерации – Самарой и Тольятти, включая пассажиропотоки по расположенным между

ними поселкам и аэропорту «Курумоч», обслуживающему всю агломерацию. Именно между Самарой и Тольятти существует железнодорожная линия, которая имеет значительные резервы для наращивания пассажирских перевозок как по пропускной способности, так и по существенному сокращению времени в пути. Другая железнодорожная линия, играющая важнейшую роль в агломерации (от Сызрани через Чапаевск и Новокуйбышевск до Самары и далее до Кинеля), загружена интенсивным транзитным, в том числе грузовым движением, с минимальными возможностями для наращивания внутриагломерационных пассажирских перевозок.

Самара и Тольятти, при наличии между ними прямой электрифицированной железнодорожной линии, отличаются крайне низкими для России объемами железнодорожных перевозок. Так, если для похожей пары городов – Екатеринбург и Нижний Тагил – железная дорога охватывает 18% пассажиропотока, то для Самары и Тольятти – всего 0,1%.

Поэтому необходимо оценить реальные пассажиропотоки, возможности существующей транспортной инфраструктуры с учетом ее реконструкции и нового строительства, определить сценарные условия для расчета возможных пассажиропотоков и социально-экономических эффектов от существенного ускорения железнодорожного сообщения.

**Сбор исходных данных для работы.** Для пассажиропотоков на железнодорожном транспорте основная информация была получена от перевозчика (хотя полевые наблюдения показали существенную недооценку в части безбилетных пассажиров), в оценке автобусных пассажиропотоков важнейшим источником информации стало наблюдение за отправлением и прибытием рейсов, которое дало наиболее полную информацию о частоте и наполняемости автобусов как большой, так и малой (традиционно – «маршрутное такси») вместимости. Это связано с отсутствием достоверной статистической информации о междугородних автобусных перевозках.

Пассажиропоток между Самарой и Тольятти по железной дороге был оценен величиной 34,5 тыс. пассажиров в год в каждом направлении, более значительными оказались пассажиропотоки между промежуточными остановочными пунктами.

Для оценки пассажиропотоков на пригородных и междугородних автобусных маршрутах городов Самара и Тольятти в ок-

тябре и ноябре 2015 г.<sup>1</sup> проводилось полевое исследование на автовокзалах и автостанциях этих городов региона. Так как по разным маршрутам отправляются транспортные средства различных типов, а заполняемость заметно меняется от рейса к рейсу (автобусы и микроавтобусы могут отправляться даже с 30-40% заполнением сидячих мест), то оценки пассажиропотоков, основанные лишь на количестве рейсов на маршрутах, могли оказаться неточными. Кроме того, на рейсах по-разному проявляется структура посадки-высадки по остановочным пунктам: так, на некоторых транзитных маршрутах лишь несколько человек выходит и заходит в промежуточных крупных городах, в то время как на других маршрутах наблюдается значительный оборот пассажиров во время следования рейса, поэтому было организовано наблюдение за посадкой в автобусы на автовокзалах, сопряженное с экспресс-опросом пассажиров о конечном пункте их следования.

Таким образом, сбор данных был проведен в несколько этапов:

- сбор данных из сети Интернет о пунктах отправления междугородных автобусов, расписании движения, времени в пути, тарифах, наименовании перевозчиков и дополняющей информации;
- полевой этап, заключающийся в верификации и дополнении полученных данных: обследование каждого пункта отправления транспорта в междугородном направлении, полученная информация соотносилась и дополнялась в соответствии с размещенной на автовокзалах;
- фиксация заполняемости транспортных средств в момент их отправления для вычисления значений пассажиропотока для каждого рейса, обследование каждого рейса в разное время суток (пиковое и внепиковое); разные дни недели (рабочие и выходные дни); проведение экспресс-опроса относительно конечного пункта следования при посадке пассажиров в автобус;
- финальный расчет пассажиропотоков до каждого населенного пункта, который хотя бы раз фигурировал в ответах респондентов.

Сложность наблюдений заключалась в том, что многие рейсы не только проезжают для добора пассажиров через две или даже три автостанции, но и подсаживают их на ключевых промежуточ-

---

<sup>1</sup> Поскольку получить соответствующую ежемесячную информацию о пассажиропотоке затруднительно, будем исходить из предположения, что в октябре и ноябре рассматриваемый поток максимален или близок к таковому.

ных остановках городского общественного транспорта. Поэтому экспресс-опрос входящих на каждой транзитной автостанции пассажиров дополнялся визуальной оценкой количества уже находящихся пассажиров в автобусе, и впоследствии данные наблюдений по разным автостанциям состыковывались между собой.

По результатам этого этапа были оценены пассажиропотоки, оценки представлены в табл. 1.

Таблица 1

Пассажиропотоки на автобусах между Самарой и населенными пунктами в зоне тяготения железнодорожной линии «Самара – Тольятти»

Пункт назначения	Пассажиропоток из Самары, чел./год	Пассажиропоток из Тольятти, чел./год
Аэропорт Курумоч	440 884	149 796
Волжский	27 704	65 174
Курумоч	60 466	54 662
Прибрежный	72 204	41 610
Зеленовка	85 388	25 404
Тольятти	1 174 855	
Суммарно		2 198 147

*Источник: расчеты авторов.*

Изучение пассажиропотоков на личном автомобильном транспорте явилось наиболее сложным этапом исследования. Статистические данные по этому виду транспорта отсутствуют; единственный показатель, который косвенно может свидетельствовать о масштабах перемещения пассажиров на собственных транспортных средствах – это автомобилизация населения. По нему Самарская область по данным 2013 г. занимала 28-е место в России с 285 автомобилями на 1000 чел.

Отметим, что как пригородные, так и междугородние потоки на личных автомобилях год от года уверенно возрастают, в то время как остальные виды транспорта постепенно начинают заметно проигрывать. Эта тенденция особенно стала проявляться ближе к концу 2000-х годов, когда быстрый рост автомобилизации совпал с началом реформирования пригородного железнодорожного сообщения в стране (которое было сопряжено со значительным сокращением размеров движения) и неблагоприятным положением дел в сфере автобусного транспорта – все больше перевозчиков уходило в «теневой» сектор, на комфортность и

безопасность поездки не обращалось должного внимания, а тарифы по многим направлениям росли быстрыми темпами.

Поэтому роль личного автомобильного транспорта повсеместно росла, по крайней мере на расстояниях до 2000 км. Особенно это проявилось в Самаро-Тольяттинской агломерации.

Главным при оценке пассажиропотоков на личном автомобильном транспорте стал социологический опрос, проведенный Институтом сравнительных социальных исследований (ЦЕССИ). В опросе принимали участие 1007 респондентов из различных населенных пунктов Самарской области.

Выборка социологического опроса была построена в максимальном соответствии с половозрастной структурой населения Самарской области, а также территориальным распределением населения. После обработки поступившей от респондентов информации стало возможным рассчитать пассажиропотоки из Самары и Тольятти в важнейшие пункты Самарской области и прилегающих регионов. Особое внимание было уделено корреспонденциям в пределах тяготения линий «Самара – Тольятти» и «Самара – Сызрань». Так как большинство корреспонденций относятся к категории пригородных, было решено отказаться от проведения дополнительных полевых замеров автомобильного потока: в пригородной зоне многие поездки осуществляются на короткие расстояния, в том числе и в пределах одного населенного пункта, и основанные на таких замерах корректировки могли ухудшить качество полученных в результате опроса результатов.

В табл. 2 представлена оценка наибольших (основных) пассажиропотоков на личном автомобильном транспорте из Самары, Тольятти, аэропорта Курумоч в различные поселения Самарской области и соседних субъектов РФ.

Максимальные пассажиропотоки на личных автомобилях, превышающие 1 млн. чел./год, зафиксированы для корреспонденций «Самара – Тольятти» и «Самара – Аэропорт Курумоч». Более 500 тыс. чел. перемещается из Тольятти в аэропорт, а также из Самары в поселок Волжский, который располагается на пл. «151 км» линии «Самара – Тольятти».

Полученные данные подтвердили рабочую гипотезу о важности запуска прямого железнодорожного сообщения между аэропортом Курумоч и Сызранью через Самару, Новокуйбышевск, Чапаевск, Безенчук и Октябрьск.

Таблица 2

Основные пассажиропотоки на личном автомобильном транспорте в Самарском регионе (более 100 тыс. пасс./год)

Тип корреспонденции	Корреспонденция	Пассажиропоток на личном автомобильном транспорте, тыс. чел. в год
Пассажиропотоки на личном автомобильном транспорте между поселениями в зоне тяготения линии «Самара – Тольятти»	Самара – Тольятти	4 332,4
	Самара – Жигулевск	339,4
	Самара – Волжский	673,8
	Самара – Курумоч	223,3
	Тольятти – Зеленовка	133,9
Пассажиропотоки на личном автомобильном транспорте, между городами, расположенными на ускоренных железнодорожных линиях и аэропортом Курумоч «Самара – Сызрань», «Сызрань – Пенза», «Сызрань – Саранск», «Сызрань – Саратов»	Самара – Аэропорт Курумоч	1 823,2
	Тольятти – Аэропорт Курумоч	582,8
	Чапаевск – Аэропорт Курумоч	159,5
Пассажиропотоки на личном автомобильном транспорте между Самарой и городами, расположенными на ускоренных железнодорожных линиях «Самара – Сызрань», «Сызрань – Пенза», «Сызрань – Саранск», «Сызрань – Саратов»	Самара – Новокуйбышевск	957,1
	Самара – Чапаевск	807,1
	Самара – Безенчук	159,5
	Самара – Сызрань	594,3
	Самара – Кузнецк	112,0
	Самара – Пенза	204,5
	Самара – Саранск	197,8
	Самара – Саратов	480,1

Источник: расчеты авторов.

Во-первых, почти 2 млн. чел./год (в основном это маятниковые мигранты) перемещаются из Новокуйбышевска и Чапаевска в Самару. Во-вторых, отсутствие общественного транспорта между названными городами и аэропортом привело к существенным пассажиропотокам на личных автомобилях (а также такси) на этих направлениях.

Пассажиропотоки в города соседних с Самарской областью регионов в большинстве своем уступают тем, что фиксируются для поселений в зоне тяготения ускоренных железнодорожных линий. Основное направление следования пассажиров – это Ульяновск и Димитровград Ульяновской области, к которым ведет прямая качественная автодорога федерального значения. Среди других городов соседних регионов потоками на личных автомобилях выделяются только Казань и Бузулук Оренбургской области; во все прочие города следует менее чем 100 тыс. чел./год.

**Определение сценарных условий.** В исследовании разработаны два основных сценария ускорения железнодорожного сообщения между Самарой и Тольятти.

*Первый сценарий* предполагает минимальный объем инвестиций в инфраструктуру. Основные работы по ускорению движения должны быть направлены на оптимизацию существующего графика движения поездов, с целью организации движения по ускоренным ниткам графика. Инвестиции в развитие путевого хозяйства не предполагаются.

Сценарий предусматривает организацию ускоренного железнодорожного сообщения по маршрутам Самара – аэропорт Курумоч, Самара – Тольятти, Сызрань – аэропорт Курумоч, Пенза – аэропорт Курумоч. С целью увеличения частоты сообщения с аэропортом предложена организация пересадочного узла на линии Самара – Тольятти в районе пл. «151 км» с организацией автобусного подвоза пассажиров до терминала аэропорта. Для обеспечения быстрой и удобной посадки и высадки пассажиров предполагается строительство высоких платформ на всех остановочных пунктах ускоренных поездов, а в необходимых случаях – строительство пешеходных мостов и тоннелей.

При реализации данного сценария, время в пути от Самары до Тольятти составит 1 час 30 мин., от Самары до аэропорта Курумоч 55 мин. От Тольятти до аэропорта Курумоч 1 час 10 мин. (с учетом автобусного подвоза).

*Второй сценарий* предполагает значительный объем вложений в модернизацию железнодорожной инфраструктуры. Приоритетный вариант реализации *второго сценария* предполагает осуществление мероприятий в 2 этапа. Первый этап будет включать в себя строительство спрямляющего участка у ст. Водинская, модернизацию отдельных участков, строительство новой линии в аэропорт Курумоч, примыкающей к существующему пути, включая строительство новой станции непосредственно у нового терминала аэропорта, а также строительство съезда от существующей линии на подъездной путь к аэропорту Курумоч со стороны Тольятти. Данные мероприятия могут быть реализованы в срок до 2018 года. Второй этап предусматривает строительство спрямления от ст. Царевщина до пл. «151 км», включая новый мостовой переход через р. Сок и строительство новой линии по территории г. Тольятти со строительством двух новых станций вблизи наиболее населенных частей города.

Предполагается организация ускоренного движения по маршрутам Самара – аэропорт Курумоч, Самара – Тольятти, Самара – Жигулевск, а также прямого маршрута Тольятти – аэропорт Курумоч (непосредственно до терминала). Помимо этого, предлагается продление маршрутов ряда пригородных и дальних дневных поездов от вокзала Самары до аэропорта Курумоч (от Сызрани, Пензы, Саратова и Саранска). Благодаря реализации *второго сценария* время в пути на ускоренном поезде от Самары до аэропорта Курумоч составит 35 мин, от Самары до Тольятти – 1 ч 10 мин, от Тольятти до аэропорта Курумоч 45 мин.

Помимо двух основных сценариев, на перспективу до 2030 года предполагается третий (опциональный) сценарий развития железнодорожного сообщения на участке Самара – Тольятти, который может быть реализован при строительстве перспективной высокоскоростной железнодорожной линии – ответвления до Самары от линии ВСМ-2 «Москва – Казань».

**Расчет прогнозируемого переключения пассажиропотока на ускоренный железнодорожный транспорт и индуцированного спроса.** Методика расчета переключения пассажиропотока на ускоренный железнодорожный транспорт. Для оценки переключения пассажиропотоков на скоростные и высокоскоростные поезда была выбрана и использована модель дискретного выбора.

Для простоты можно оценивать только logit модель, так как отличие ее результатов от результатов probit модели незначительно. Для получения прогнозов переключения для корреспонденции необходимо было, во-первых, из собранной базы данных о параметрах пассажирского транспорта получить следующую информацию:

- a. Данные о выборе пассажиром вида транспорта (распределение пассажиров по используемым видам транспорта) в виде вектора (обозначим его как  $y$ ).
- b. Значения параметров видов транспорта (обозначим их как  $x_i$ ).
- c. Выбор корреспонденции (то есть точка, в которой значения параметров видов транспорта соответствуют актуальным для выбранной корреспонденции).
- d. Указание изменения параметров видов транспорта.

Во-вторых, была сформулирована функция правдоподобия для каждого рассматриваемого вида транспорта:

$$L(\beta) = \prod_{i=1}^n F(\beta_0 + \sum_i \beta_i x_i), \quad (1)$$



где  $L(\beta)$  – функция правдоподобия;  $F(\cdot)$  – кумулятивная функция логистического распределения в случае logit;  $x_i$  – параметры для видов транспорта: исследуемого и его аналогов. Набор видов транспорта для кластера задается вручную;  $\beta=(\beta_0, \beta_1, \dots)$  – оцениваемые коэффициенты.

В-третьих, в выражение (1) были подставлены исходные данные (выбор и параметры видов транспорта) и численно найден глобальный максимум (есть множество методов<sup>2</sup>, например, градиентный спуск) функции правдоподобия по оцениваемым коэффициентам  $\beta$ . В результате будут получены оценки  $\hat{\beta}$ .

В-четвертых, для получения прогноза переключения между видами транспорта для конкретной корреспонденции необходимо было подставить актуальные значения параметров видов транспорта (для соответствующей корреспонденции), оценки  $\hat{\beta}$  в следующие уравнения (по каждому рассматриваемому виду транспорта для каждого параметра вида транспорта<sup>3</sup>):

$$\partial y_i / \partial x_k = f(\beta_0 + \sum_i \beta_i \bar{x}_i) \hat{\beta}_k, \quad (2)$$

где  $\bar{x}_i$  – значения параметров видов транспорта для корреспонденции, указанной пользователем;  $f(\cdot)$  – функция плотности вероятности логистического распределения;  $\hat{\beta}_k$  – оценка коэффициента, полученная выше, для соответствующего параметра вида транспорта.

В-пятых, на основе полученных предельных эффектов, показывающих, как меняется выбор конкретного вида транспорта при изменении параметра какого-либо вида транспорта, для получения переключений в процентах необходимо было домножить соответствующий предельный эффект на указанное изменение. Для получения прогнозируемого изменения физического объема пассажиропотока необходимо умножить предыдущий показатель на фактическое значение пассажиропотока.

Для прогнозирования пассажиропотоков по третьему (опциональному) сценарию (на ускоренных и высокоскоростных поездах) применена другая методика, включающая в себя три компоненты:

<sup>2</sup> Все они будут давать одинаковый результат, так как у данной функции правдоподобия только один глобальный максимум.

<sup>3</sup> Как своего, так и аналогичных.

- прогноз изменения пассажиропотока за счет переключения между видами транспорта, для которого применена модель дискретного выбора;
- прогноз изменения пассажиропотока за счет изменения транспортной подвижности, для которого применена многофакторная линейная регрессионная модель, описанная ниже;
- прогноз изменения пассажиропотока за счет индуцированного спроса, связанного с изменением инфраструктуры.

*Многофакторная линейная регрессионная модель.* Для получения коэффициентов чувствительности и прогнозных значений для внутренних перевозок по каждому виду транспорта для каждой корреспонденции оценивается следующая модель:

$$\Delta M_t = \beta_0 + \beta_1 \Delta GRP_t^{fr} + \beta_2 \Delta GRP_t^{t0} + \beta_3 \Delta It_t + \Delta \varepsilon_t, \quad (3)$$

где  $\Delta M_t$  – изменение подвижности (пассажиропотока) из транспортного района  $i$  для конкретного вида транспорта за период времени  $[t-1, t]$ ;  $\Delta GRP_t^{fr}$  – изменение валового продукта в транспортном районе, из которого идет пассажиропоток, за период времени  $[t-1, t]$ ;  $\Delta GRP_t^{t0}$  – изменение валового продукта в транспортном районе, в который идет пассажиропоток, за период времени  $[t-1, t]$ ;  $\Delta It_t$  – изменение индекса тарифа для вида транспорта за период времени  $[t-1, t]$ ;  $\beta = (\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3)$  – оцениваемые коэффициенты модели;  $\varepsilon_t$  – случайная ошибка модели.

Для получения оценок  $\hat{\beta} = (\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1, \hat{\beta}_2, \hat{\beta}_3)$  необходимо:

1. Получить из базы следующие данные:

- а) прирост пассажиропотока ( $\Delta M_t$ ) для конкретной корреспонденции по конкретному виду транспорта в виде вектора (обозначим его как  $y$ );
- б) экзогенные факторы (в данном случае два прироста валового продукта и индекса тарифа) и сформировать из них матрицу (обозначим ее  $X$ ), в которой значения факторов расположены по столбцам.

Подставить описанные выше данные в выражение:

$$\hat{\beta} = (X^T X)^{-1} X^T y.$$

Оценки коэффициентов чувствительности найдены.

Для получения прогнозов пассажиропотока, помимо коэффициентов чувствительности также необходимы прогнозные значения экзогенных факторов. Подставив их в уравнение модели (3), находим прогнозы приростов пассажиропотока за годы, по которым есть прогнозные значения факторов. Из приростов легко получить объемы:

$$M_{t+1} = M_t + \Delta M_{t+1}$$

где  $M_t$  – последний известный пассажиропоток за прошлый период;  $\Delta M_{t+1}$  – прогнозное значение прироста;  $M_{t+1}$  – искомое прогнозное значение пассажиропотока.

*Методика расчета индуцированного спроса в результате ускорения железнодорожного транспорта.* Важной компонентой прироста пассажиропотока является индуцированный спрос, связанный с изменением инфраструктуры. Предполагается, что пассажиропоток ограничивает недостаточный уровень инфраструктурной связности.

Особенно сильно индуцированный спрос проявляется в случае появления нового вида транспортного сообщения на тех корреспонденциях, где раньше пассажирское транспортное сообщение отсутствовало, или могло осуществляться лишь по крайне неудобным маршрутам. Так, беспересадочное пассажирское сообщение между Екатеринбург и конурбацией Набережных Челнов возможно лишь на личном автомобильном транспорте по автодорогам местного значения замысловатой конфигурации. Это ограничивает перемещение пассажиров между двумя крупными агломерациями, расположенными относительно близко друг к другу.

В этой связи можно привести пример таких транспортных корреспонденций, как Екатеринбург – Челябинск, Самара – Набережные Челны, Самара – Казань. Для них характерны качественные автодороги регионального значения, по которым удобно передвигаться на автомобиле, также конкурентоспособен автобусный транспорт. Однако, удобные железнодорожные маршруты, которые бы связали эти пары городов, провести сложно, почти невозможно вследствие существующей топологии сети железных дорог. При проведении новой железнодорожной линии (в том числе и высокоскоростной) через эти города по прямой траектории можно ожидать не только существенного переключения пассажиров с других видов транспорта, но и роста пассажиропотока за счет появления новых пассажиров, которые раньше не решались (или решались значительно реже) перемещаться по этим маршрутам из-за низкой комфортности автобусного и авто-

мобильного транспорта, необходимости пересадок, транспортных заторов и других причин.

Таким образом, прогноз индуцированного спроса преследует расчет количества «новых» пассажиров, которые возникают за счет существенного улучшения инфраструктуры на конкретной корреспонденции для железнодорожного транспорта. Он рассчитывается только для междугородних корреспонденций, где есть большой потенциал для увеличения пассажиропотока. На пригородных корреспонденциях значительный по объемам пассажиропоток уже сформирован, и пределы его роста сильно ограничены.

Для расчета индуцированного спроса используется гравитационная модель следующего типа:

$$\Delta PT_{ij} = A_{ts} (P_i P_j / ts_{ij}^2) - PT'_{ij}, \quad (4)$$

где  $\Delta PT_{ij}$  – прирост пассажиропотока из транспортного района  $i$  в транспортный район  $j$ ;  $P_i$  – численность населения транспортного района, из которого идет пассажиропоток;  $P_j$  – численность населения транспортного района, в который идет пассажиропоток;  $ts_{ij}$  – средневзвешенное время в пути между транспортными районами  $i$  и  $j$  (мера удаленности);  $A_t$  – коэффициент, определенный на основании обучающей группировки «насыщенных» инфраструктурой пар пунктов, аналогичных паре транспортных районов  $i$  и  $j$  по удаленности ( $ts$ ), определяется как средневзвешенный по объему пассажиропотока коэффициент.

**Результаты расчета пассажиропотока за счет индуцированного спроса на корреспонденциях, где происходит ускорение железнодорожного сообщения.** Применение методов моделирования для изучаемой железнодорожной линии с ускорением сообщения показало, что индуцированный спрос возникает только при реализации второго или третьего сценариев (со средними или максимальными вложениями в модернизацию инфраструктуры). В случае минимальных инвестиций в развитие линии пассажиры не будут воспринимать ускорение сообщения как появление качественно нового вида транспорта. Значимый по объемам индуцированный спрос проявился на двух внутриобластных междугородних корреспонденциях (Самара – Тольятти, Самара – Сызрань) и четырех межрегиональных корреспонденциях (Самара – Саранск, Самара – Саратов, Самара – Пенза и Самара – Кузнецк). Значения индуцированного пассажиропотока представлены в табл. 3.

Прирост пассажиропотока за счет индуцированного спроса  
в случае реализации сценариев 2 и 3

Год	Пассажиропоток, чел./год						Суммарно
	Самара – Тольятти	Самара – Сызрань	Самара – Саранск	Самара – Пенза	Самара – Саратов	Самара – Кузнецк	
Сценарий 2							
2020	93 784	33 060	2 992	7 188	33 244	2 516	172 784
2025	100 584	34 691	3 217	7 444	34 538	2 742	183 217
2030	102 724	35 200	3 540	7 658	35 748	2 968	187 837
2031	102 919	35 237	3 614	7 697	35 991	3 011	188 470
Сценарий 3							
2020	93 784	33 060	2 992	7 188	33 244	2 516	172 784
2025	100 584	34 691	3 217	7 444	34 538	2 742	183 217
2030	497 885	49 478	6 285	14 843	53 487	7 972	629 949
2031	498 804	49 531	6 355	14 918	53 851	8 090	631 548

Источник: расчеты авторов.

Как показывают расчеты, для увеличения пассажиропотока за счет индуцированного спроса не менее важную роль играет и модернизация участка Самара – Сызрань, и запуск прямых дневных поездов в Саратов, Пензу и Саранск. Сейчас прямые поезда в этих направлениях представлены только транзитным сообщением без вагонов с местами для сидения, что сдерживает пассажиропоток. Однако между Самарой и Пензой поезд дневного сообщения уже появился, поэтому индуцированный спрос на этом маршруте не проявится в полной мере.

Итак, основную долю в росте пассажиропотока за счет индуцированного спроса занимает в обоих сценариях сообщение Самара – Тольятти. В случае реализации второго сценария (со средними инвестициями) можно добиться увеличения числа пассажиров, выбирающих ускоренные поезда на этом участке, на 102,9 тыс. к 2031 г., что составляет 54,6% общей величины индуцированного пассажиропотока, а в случае реализации опционального сценария 3 с максимальными инвестициями – на 498,8 тыс. к 2031 г., что составляет 79,0% общей величины.

**Оценка дополнительного притока пассажиров на участок Самара-Тольятти в случае организации ускоренного железнодорожного сообщения на маршрутах Пенза – Самара, Саранск – Самара, Сызрань – Самара и др. Выбор маршрутов ускоренного сообщения, которые выходят за пределы участка Самара – Тольятти.** В настоящее время в России осознана необходимость

ускорения междугороднего железнодорожного сообщения дневными поездами на расстояние до 500-600 км. По скоростным характеристикам и комфортности эти поезда отличаются от привычного дальнего железнодорожного сообщения: при более высокой комфортности предлагается более гибкая и привлекательная тарифная политика, а сидячие вагоны большинство пассажиров считают при следовании на такое расстояние наиболее приемлемыми. Предельная комфортная длительность поездки в сидячем вагоне, по данным социологических опросов, не может превышать 8 часов. За последние годы организован ряд таких маршрутов в основном из Москвы и Санкт-Петербурга, а также в районе Краснодар и Сочи. Однако в Самарской области такой тип железнодорожного сообщения представлен лишь поездом Самара – Пенза. Можно, однако, предложить список возможных маршрутов поездов данной категории с отправлением из Самары:

- Самара – Сызрань – Ульяновск;
- Самара – Сызрань – Инза – Рузаевка – Саранск;
- Самара – Сызрань – Кузнецк – Пенза;
- Самара – Сызрань – Сенная – Саратов;
- Самара – Бугуруслан – Чишмы – Уфа.

Расчеты показали, что маршруты пассажирского железнодорожного сообщения в Ульяновск и Уфу будут мало конкурентоспособны по отношению к автобусному и личному автомобильному транспорту из-за более удачной конфигурации автодорожной сети: Самара с Ульяновском связывает качественная региональная автодорога Р178, а с Уфой – магистраль М5. Кроме того, маршрут Самара – Уфа никак не связан с мерами по модернизации участка Самара – Сызрань, а создание беспересадочного сообщения между Уфой и аэропортом Курумоч неперспективно в связи с развитым воздушным сообщением в аэропорту Уфы. Поэтому маршруты в Ульяновск и Уфу были исключены из рассмотрения.

***Результаты расчетов переключения пассажиров с существующих видов транспорта на ускоренное железнодорожное сообщение на маршрутах из Пензы, Саранска, Саратова и Сызрани.*** Согласно разработанным сценариям предполагается, что несколько пар поездов в день из аэропорта Курумоч будут следовать не до Самары, а до Сызрани и соседних региональных центров. Во-первых, это позволит получить существенное переключение пассажиров на новые ускоренные поезда, так как к югу

и западу от Самары на железнодорожной линии располагаются крупные города с высокой подвижностью населения; во-вторых, между аэропортом и этими городами возникнет новый вид транспортного сообщения, причем единственный прямой (не считая личных автомобилей и такси).

Расчет переключений пассажиров произведен по методике, описанной выше, но прогноз переключений на корреспонденциях из аэропорта взаимоувязан с прогнозом пассажирооборота аэропорта Курумоч. Создание беспересадочных маршрутов между Тольятти и Сызранью (Пензой, Саранском или Саратовом) признано бесперспективным в силу незначительного переключения пассажиров в сообщении этих городов с Тольятти из-за повышенной дальности поездок и наличия удобной автодороги между Сызранью и Тольятти – части автомагистрали М5.

Полученные значения переключений указаны в табл. 4. В рамках реализации первого сценария рассчитаны переключения на 2017 г. (второй после запуска ускоренных поездов), а также справочно на 2020, 2025 и 2030 гг. В случае реализации второго сценария указываются переключения на 2021 г. (аналогично, второй после запуска ускоренного сообщения), и справочно на 2025 и 2030 гг. В случае реализации третьего сценария указываются переключения только на второй год после создания высокоскоростной линии «Самара – Тольятти» и модернизации инфраструктуры на участке «Самара – Сызрань», то есть на 2031 г. В целях сравнения во всех таблицах указываются и нынешние пассажиропотоки на всех видах транспорта.

***Оценка социально-экономических эффектов от реализации проекта.*** *Оценка агломерационных эффектов от ускорения железнодорожного сообщения.* Развитие пригородного транспорта повышает интеграцию экономического пространства населенных пунктов. Агломерация вокруг крупного города становится еще крупнее из-за того, что большее количество экономических агентов (людей, фирм) вовлекаются в единое экономическое пространство. Кроме этого, развитие транспорта сокращает «эффективное расстояние» – то есть прямые и косвенные издержки транспорта, которые несут экономические агенты. Населенные пункты становятся лучше связанными с центром агломерации, в агломерацию вовлекаются новые населенные пункты.

Таблица 4

Значения переключений пассажиропотока с существующих видов транспорта на ускоренные поезда в случае реализации сценариев 1, 2, 3, %

Сообщение	Пассажиропоток, чел. или доля переключений на ускоренный железнодорожный транспорт с существующих видов				
	Пригородный железнодорожный транспорт	Дальний железнодорожный транспорт		Автобусный транспорт	Личный автомобильный транспорт
		Плакартные, сидячие и обложные вагоны	Вагоны категории «суле», «СВ» и «Люкс»		
А	1	2	3	4	5
<i>Сценарий 1</i>					
Самара – Новокуйбышевск	3,6	-	-	24,2	13,7
Самара – Чапаевск	4,7	-	-	26,8	14,9
Самара – Бездчук	4,4	-	-	27,3	15,8
Самара – Октябрьск	6,1	-	-	30,9	21,8
Самара – Сызрань	4,3	25,1	31,2	31,8	22,4
Аэропорт Курумоч – Новокуйбышевск	-	-	-	-	8,6
Аэропорт Курумоч – Чапаевск	-	-	-	-	8,1
Аэропорт Курумоч – Сызрань	-	-	-	-	3,6
<i>Сценарий 2</i>					
Самара – Новокуйбышевск	3,6	-	-	24,2	13,7
Самара – Чапаевск	4,7	-	-	26,8	14,9
Самара – Бездчук	5,2	-	-	27,3	15,8
Самара – Октябрьск	6,1	-	-	30,9	21,8
Самара – Сызрань	4,3	31,2	25,1	31,8	22,4
Самара – Кузнецк	-	57,6	38,2	-	16,7
Самара – Пенза	-	54,1	34,3	71,4	13,2
Самара – Саратов	-	58,3	38,4	-	10,4
Самара – Саратов	-	50,5	31,8	29,3	8,2
Аэропорт Курумоч – Новокуйбышевск	-	-	-	-	10,2
Аэропорт Курумоч – Чапаевск	-	-	-	-	9,5
Аэропорт Курумоч – Сызрань	-	-	-	-	4,1



Продолжение табл. 4

А	1	2	3	4	5
		Сценарий 3			
Самара – Новокуйбышевск	3,6	-	-	24,2	13,7
Самара – Чапаевск	4,7	-	-	26,8	14,9
Самара – Безенчук	5,2	-	-	27,3	15,8
Самара – Октябрьск	6,1	-	-	30,9	21,8
Самара – Сызрань	4,3	25,1	31,2	31,8	22,4
Самара – Кузнецк	-	64,0	47,5	-	29,2
Самара – Пенза	-	59,7	42,2	-	23,7
Самара – Саратов	-	62,4	44,5	-	19,3
Самара – Саратов	-	54,2	44,5	34,6	15,2
Аэропорт Курумоч – Новокуйбышевск	-	-	37,0	-	11,2
Аэропорт Курумоч – Чапаевск	-	-	-	-	10,6
Аэропорт Курумоч – Сызрань	-	-	-	-	4,6

Источник: расчеты авторов.

Экономические выгоды от концентрации экономической активности давно известны, они являются первопричиной формирования городских агломераций. В центрах агломераций, как правило, выше производительность факторов производства (труда, капитала), выше конкуренция на рынках товаров и рынке труда. Как результат, выше средние заработные платы. Выше спрос и цены на недвижимость и земельные участки.

Экономические выгоды от концентрации не ограничиваются административными границами города, но, как правило, угасают с увеличением расстояния до центра агломерации. Рис. 1 иллюстрирует зависимость экономических выгод от агломерации от расстояния до центра.



Рис. 1. Экономические эффекты от модернизации пригородного сообщения (схема)

При модернизации пригородного сообщения следует ожидать рост экономических показателей в центре агломерации. Населенные пункты на периферии агломерации испытывают двойной эффект: экономические показатели растут во всей агломерации, но кроме того, улучшается транспортная доступность периферии, происходит «сжатие» расстояний и географическое расширение экономически интегрированного пространства. Периферийные населенные пункты получают дополнительный экономический выигрыш.

При объединении двух агломераций, как в случае Самары и Тольятти, происходит рост экономических показателей в обоих центрах и в прилегающих территориях. Кроме того, населенные пункты на пути скоростного сообщения становятся «ближе» к каждому из центров, получают дополнительную выгоду. По оценкам, при времени в пути между центрами менее 2 часов происходит «сращивание» двух агломераций в единое пространство. В агломерацию включаются населенные пункты, ранее слишком удаленные от обоих центров. Рис. 2 иллюстрирует соответствующие экономические эффекты.

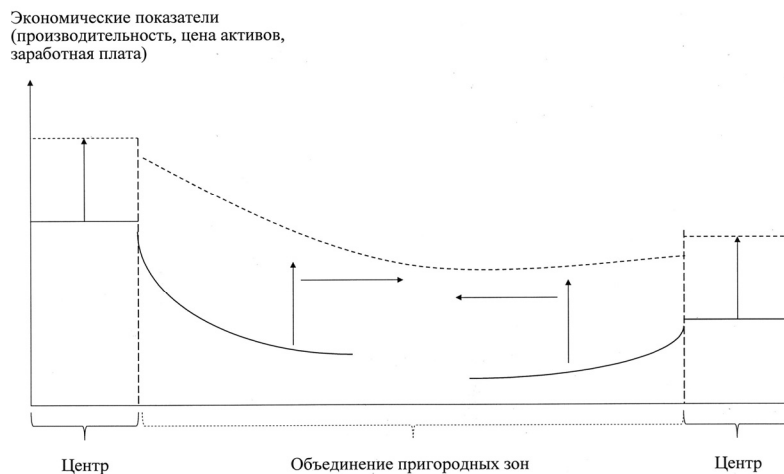


Рис. 2. Объединение агломераций при модернизации пригородного сообщения (схема)

В данной работе рассчитываются экономические эффекты от роста размера агломерации для центров и прилегающих к ним населенных пунктов и экономические эффекты от модернизации транспорта для населенных пунктов на пути планируемых скоростных маршрутов между Самарой и Тольятти.

**Эффекты роста размера (численности населения) агломерации.** Ускорение пассажирского транспорта между Самарой и Тольятти приведет к росту производительности факторов производства и росту выпуска на всей территории будущей агломерации. Для прогноза роста выпуска нами использованы зарубежные оценки того, как производительность факторов (ка-

питала, труда, или общая факторная производительность) зависит от размера агломерации.

Многочисленные исследования зависимости средней производительности труда или средней общей факторной производительности от размера агломерации дают оценки эластичности производительности к численности населения агломерации от 0,02 до (в редких случаях) 0,3 и выше. Другими словами, при удвоении населения агломерации производительность факторов в различных отраслях экономической деятельности растет на 2-30%. Наибольшую эластичность к населению имеют сектора финансовых, риелторских и прочих услуг, требующих высокой квалификации, торговля, высокотехнологичные отрасли промышленности. Наименьшую (или равную нулю) – сектора, связанные с природными ресурсами: сельское хозяйство, добыча полезных ископаемых.

**Методология.** Нами используются оценки эластичности производительности факторов, полученные в зарубежной литературе для различных отраслей экономики. Прогнозируется увеличение валового продукта для каждой отрасли в каждом населенном пункте при увеличении общего размера агломерации. Формально, для каждого населенного пункта  $i$ , входящего в новую объединенную агломерацию, увеличение местного валового продукта рассчитывается следующим образом:

$$\Delta Y_i = (Pop_i^{new} / Pop_i^{old} - 1) \sum_k \gamma_k L_{ik} y_k, \quad (5)$$

где  $k$  – индекс отрасли экономики;  $L_{ik}$  – число занятых в отрасли  $k$  в населенном пункте  $i$ ;  $y_k$  – продукт отрасли  $k$  в рассматриваемом регионе, приходящийся на одного занятого в отрасли (рассчитывается по региональным данным о структуре ВРП и занятости);  $Pop_i^{old}$  и  $Pop_i^{new}$  – общее текущее население агломерации, в которую входит населенный пункт  $i$  сейчас, и общее население будущей агломерации, соответственно;  $\gamma_k$  – эластичности производительности к людности агломерации.

Общие эффекты рассчитываются путем суммирования величины эффектов по всем населенным пунктам:

$$\Delta Y = \sum_i \Delta Y_i. \quad (6)$$

Нами предполагается также, что дополнительный валовый продукт распределяется на дополнительный прирост заработной

платы и дополнительную прибыль организаций в той же пропорции. Таким образом, будет наблюдаться рост фонда оплаты труда, прибыли и соответствующих налоговых платежей на ту же процентную величину.

Табл. 5 дает сводную информацию о зарубежных исследованиях агломерационных эффектов для разных отраслей и значения эластичностей, выбранные нами для расчетов. Наиболее подробную разбивку по отраслям дает статья [2], которая являлась основным источником параметров для ряда отраслей сферы услуг. Для обрабатывающей промышленности принят результат [3] – одной из современных работ, использующей передовые эконометрические методы. Для транспортной отрасли, за неимением более точных оценок, принята средняя оценка для всех отраслей сферы услуг. Для отраслей образования, здравоохранения и коммунального хозяйства нами принята нулевая эластичность, несмотря на высокие оценки для западных стран, так как в России до сих пор эти отрасли нельзя считать «рыночными» – большинство учреждений в них финансируется напрямую государством.

В результате ускорения железнодорожного сообщения на участке Самара – Тольятти прирост валового регионального продукта Самарской области увеличится на 20,1 млрд. руб. уже на второй год после реализации проекта, когда агломерационные эффекты проявятся в полной мере. За первые 10 лет эксплуатации проекта суммарный прирост ВРП Самарской области составит 135,8 млрд. руб.

Другим широко наблюдаемым эффектом является рост стоимости земли и недвижимого имущества при росте размера агломерации. В работе [3] авторы оценивают эффект удвоения размера агломерации на рыночную стоимость земли в французских городах от 31 до 70% изначальной стоимости. Примем консервативную оценку в 31% и рассчитаем рост стоимости недвижимости в Самаре и Тольятти как:

$$\Delta R_i = (Pop_i^{new} / Pop_i^{old} - 1) \times 0,31 \times R_i, \quad (7)$$

где  $R_i$  – суммарная стоимость недвижимости и земельных участков в населенном пункте  $i$ .

По результатам проведенной оценки, суммарный прирост стоимости жилой недвижимости в зоне влияния ускоренной железнодорожной линии составит более 21,1 млрд. руб.

Эластичности производительности факторов к размеру  
агломерации для различных отраслей

Вид экономической деятельности (отрасль) ( $k$ )	Оценки эластичности (стандартное отклонение)	Принятое расчетное значение эластичности ( $\gamma_k$ ), %
Раздел А Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство	0,042 (0,049)	0
Раздел В Рыболовство, рыбоводство	0,042 (0,049)	0
Раздел С Добыча полезных ископаемых	0,042 (0,049)	0
Раздел D Обрабатывающие производства	0,035 (0,012)	3,5
Раздел E Производство и распределение электроэнергии, газа и воды	0,090 (0,511)	0
Раздел F Строительство	0,084* (0,034)	8,4
Раздел G Оптовая и розничная торговля; ремонт автотранспортных средств, мотоциклов, бытовых изделий и предметов личного пользования	0,041* (0,012)	4,1
Раздел H Гостиницы и рестораны	0,084* (0,024)	8,4
Раздел I Транспорт и связь	0,148 (среднее)	14,8
Раздел J Финансовая деятельность	0,325* (0,021)	32,5
Раздел K Операции с недвижимым имуществом, аренда и предоставление услуг	0,251* (0,023)	25,1
Раздел L Государственное управление и обеспечение военной безопасности; социальное обеспечение	-	0
Раздел M Образование	0,292* (0,029)	0
Раздел N Здравоохранение и предоставление социальных услуг	0,292* (0,029)	0
Раздел O Предоставление прочих коммунальных, социальных и персональных услуг	0,292* (0,029)	0

Источники [2-4;6].

Примечание: \* Коэффициент статистически значим на 95-процентном уровне/

Оценка бюджетных эффектов от реализации проекта ускорения железнодорожного сообщения. Оценим прогнозируемый прирост налоговых доходов бюджетной системы, сопутствующий агломерационным эффектам, возникающим при реализации проекта ускоренного железнодорожного сообщения между Самарой и Тольятти.

Годовой прирост НДФЛ рассчитывается как 13% прогнозируемого увеличения фонда оплаты труда, оцененного ранее. Рост заработных плат в центрах агломераций происходит из-за укрупнения, а в периферийных городах – за счет географического расширения агломерации.

Прирост поступлений налога на имущество физических лиц происходит из-за повышения рыночной цены недвижимости в населенных пунктах, затрагиваемых сценариями скоростного транспорта. Предполагается, что земельные участки в этих населенных пунктах и муниципальных округах вырастут в цене в такой же пропорции, и, соответственно, рассчитывается прогнозируемое увеличение поступлений земельного налога. Поскольку эти налоги являются местными, расчет идет по населенным пунктам. Величины прироста стоимости недвижимости и земельных участков взяты из расчетов, результаты которых отражены выше.

Прирост доходов федерального бюджета уже на второй год после ввода в эксплуатацию проекта (когда агломерационные эффекты начинают проявляться в полной мере), составит около 755 млн. руб. Большая часть прироста налоговых доходов бюджета формируется за счет НДС (более 701 млн. руб.). За первые 10 лет эксплуатации проекта суммарный прирост доходов федерального бюджета составит более 5,1 млрд. руб.

Областной бюджет получит значительно больший прирост налоговых доходов. Тремя основными составляющими являются: региональная часть НДФЛ, региональная часть налога на прибыль и налог на имущество организаций. Наибольший объем прироста формируется за счет НДФЛ, более 1 млрд. руб. уже на второй год эксплуатации проекта. Поступления от прироста налога на прибыль составят около 490 млн. руб., налога на имущество организаций – более 240 млн. руб.

Структура прироста бюджетных доходов за первые 10 лет представлена на рис. 3. Дополнительные доходы местных бюджетов формируются из прироста сборов налога на имущество физических лиц, а также за счет части НДФЛ, отчисляемой в местные бюджеты. Поступления за счет НДФЛ на второй год после ввода в эксплуатацию проекта составят более 450 млн. руб., за счет налога на имущество физических лиц около 28 млрд. руб. Таким образом, в результате реализации проекта, дополнительные доходы консолидированного бюджета Самарской области

составят более 17,1 млрд. руб. (за 10 лет с момента ввода в эксплуатацию проекта, в ценах 2015 года).

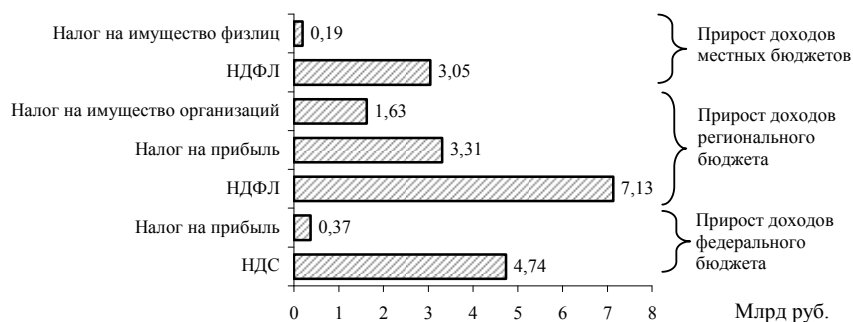


Рис. 3. Структура прироста бюджетных доходов в результате реализации проекта ускоренного железнодорожного сообщения Самара – Тольятти (за первые 10 лет эксплуатации проекта в ценах 2015 г.)

Суммарный прирост налоговых поступлений в бюджеты всех уровней в результате реализации проекта составит более 20,4 млрд. руб., что значительно превышает объем инвестиционных затрат, необходимый для реализации второго сценария. Подробная разбивка дополнительных доходов по видам поступлений за первый год и суммарно за 10 лет представлена в табл. 6.

Таблица 6

Прирост бюджетных доходов в результате реализации проекта ускорения железнодорожной линии Самара – Тольятти, млн. руб.

Показатель	Прирост бюджетных доходов, млн. руб.						
	Федеральный бюджет		Региональные бюджеты			Местные бюджеты	
	НДС	Налог на прибыль	НДФЛ	Налог на прибыль	Налог на имущество организаций	НДФЛ	Налог на имущество физ. лиц
За первый год эксплуатации проекта	701,3	54,4	1 054,2	489,5	241,1	451,8	28,2
Суммарные эффекты за 10 лет (в текущих ценах)	4 740,1	367,6	7 125,7	3 308,6	1 629,5	3 053,9	190,3

Источник: расчеты авторов.



**Заключение.** В ходе работы авторами была разработана и опробована методология как прогнозирования переключения пассажиропотоков при ускорении внутриагломерационного сообщения, так и расчета социально-экономических эффектов от такого ускорения.

Представляется, что она может быть использована и применительно к другим крупным российским агломерациям. Практически важно, чтобы такие прогнозные расчеты предшествовали принятию решений об осуществлении дорогостоящих проектов.

#### *Литература и информационные источники*

1. Носков И.В. *Стратегические направления развития транспортного комплекса региона (на примере Самарской области). Автореферат на соискание уч. ст. к.э.н., Самарский государственный экономический университет. 2010.*
2. Graham Daniel J., *Agglomeration, Productivity and Transport Investment // Journal of Transport Economics and Policy. Vol. 41. № 3 (Sep., 2007). Pp. 317-343.*
3. Combes Pierre-Philippe, Duranton Gilles, Gobillon Laurent, Roux Sébastien. *Estimating Agglomeration Economies with History, Geology, and Worker Effects. 2010. NBER Chapters // in: Agglomeration Economics. Pp. 15-66. National Bureau of Economic Research, Inc.*
4. Melo Patricia, Graham Daniel J. and Noland Robert. *A Meta-Analysis of Estimates of Urban Agglomeration Economies // Regional Science and Urban Economics. 2009. Vol. 39, issue 3, pp. 332-342.*
5. Duranton G., Gobillon L., Puga D., Roux S. *The Productivity Advantages of Large Cities: Distinguishing Agglomeration from Firm Selection // Econometrica. 2012. 80 (6), 2543-2594.*
6. Pierre-Philippe Combes, Gilles Duranton, Laurent Gobillon. *Salaires et salariés en Île-de-France // Revue économique, Presses de Sciences-Po. 2015. Vol. 66(2). Pp. 317-350.*