

Демография и рынок труда

МОДЕЛИРОВАНИЕ СРЕДНЕСРОЧНЫХ ПОСЛЕВОЕННЫХ ДЕМОГРАФИЧЕСКИХ ЦИКЛОВ В РОССИИ

Татьяна БЛИНОВА, Рудольф КУТЕНКОВ, Виктор ШАБАНОВ

Татьяна Викторовна Блинова — доктор экономических наук, главный научный сотрудник Института аграрных проблем, Российская академия наук (РФ, 410012, г. Саратов, Московская ул., 94).
E-mail: ruandre@mail.ru

Рудольф Петрович Кутенков — доктор экономических наук, главный научный сотрудник Института аграрных проблем, Российская академия наук (РФ, 410012, г. Саратов, Московская ул., 94).
E-mail: k.rudolf@mail.ru

Виктор Леннардович Шабанов — доктор социологических наук, ведущий научный сотрудник Института аграрных проблем, Российская академия наук (РФ, 410012, г. Саратов, Московская ул., 94).
E-mail: vic35@inbox.ru

Аннотация

Демографические циклы выступают фундаментальным механизмом воспроизводства населения и регулирования его численности. В статье выполнено моделирование среднесрочных циклов числа рождений в изменяющихся социально-экономических условиях послевоенного периода (1946–2017), проведен количественный анализ их взаимосвязи с изменениями значений суммарного коэффициента рождаемости, обоснована циклическая природа современного спада рождаемости. Установлено, что цикличность рядов числа рождений и значений суммарного коэффициента рождаемости может быть описана математически с использованием периодических составляющих, характеризующих продолжительность фертильного возраста женщин и сроки вхождения в него. Предложены математические модели, которые описывают циклическую демографическую динамику, отделяя фундаментальные эндогенные основания от экзогенных факторов и случайных явлений. Использована методика, основанная на сочетании методов тригонометрических аппроксимаций с помощью конечных рядов Фурье, адаптированных применительно к рассматриваемым задачам, и методов пошаговой регрессии для идентификации и оптимизации моделей. Рассмотрены модели для всего населения России, а также городского и сельского населения в указанный период и более короткие промежутки. Получены новые эмпирические данные, связанные с описанием циклической демографической динамики, проведен анализ влияния послевоенных среднесрочных циклов числа рождений на современные демографические и экономические изменения. Результаты исследования показали, что современный демографический спад имеет эндогенную природу, экзогенные факторы усиливают саму величину спада, не будучи его фундаментальной причиной. Продолжительность цикла в среднем составляет 30 (28–31) лет, при этом нисходящая фаза свидетельствует об исчерпании ресурсов роста рождаемости в рамках сложившейся модели. Сделан вывод о своевременности дополнительных мер активной демографической и семейной политики, направленных на стимулирование рождаемости, поддержку многодетных семей и ориентированных прежде всего на сельские территории, малые и средние города России. Вместе с тем экономика должна адаптироваться к современным демографическим ограничениям.

Ключевые слова: среднесрочные циклы, моделирование, ряды Фурье, пошаговая регрессия, рождаемость, городское и сельское население России.

JEL: R23, J11, C49.

Введение

Экономическое и социальное развитие страны, его возможности, риски и ограничения зависят от демографических изменений. Последствия спада рождаемости проявятся в сокращении числа лиц трудоспособного возраста, сжатии предложения на рынке труда, постарении возрастной структуры населения, росте демографической нагрузки. Экономике ожидает хронический дефицит трудовых ресурсов, а сокращение численности населения России обострит социально-экономические и внешнеполитические риски. Снижение численности детей и молодежи требует изменений в образовательной и оборонной политике, а демографическое старение является одной из причин пенсионной реформы. Описывая базовый механизм взаимодействия между демографическими и макроэкономическими переменными, исследователи подчеркивают, что «старение населения связано с такими ключевыми факторами, как душевое потребление, занятость, производительность и капиталовооруженность труда, заработная плата и доход от капитала, инвестиции и сбережения» [Капельюшников, 2019. С. 8]. Важно понимать глубину экономических проблем и значимых социальных последствий демографических изменений, которые будут влиять на развитие российского общества не только в ближайшей перспективе, но и в среднесрочном, а также долгосрочном периодах.

Моделирование демографических процессов позволяет глубже понять как общие закономерности воспроизводства населения стран и регионов, так и особенности репродуктивного, vitalного, миграционного поведения отдельных групп населения, а также их воздействие на экономику. Российские ученые исследовали, как неравномерность демографического перехода влияет на социально-демографические характеристики населения [Макаров и др., 2015]. Предложена агент-ориентированная модель, описывающая процессы рождаемости, смертности, миграции, где репродуктивный выбор определяется внутренними установками женщин, придерживающихся как традиционных (высокая рождаемость), так и современных (низкая рождаемость) репродуктивных стратегий [Макаров и др., 2017]. Другими российскими учеными разработан прогноз численности и структуры населения России на период до 2050 года при различных сценарных условиях. Расчеты показали, что при наиболее вероятном сценарии численность населения России к началу 2050 года составит 141 763,7 тыс. чел., а доля лиц трудоспособного возраста будет значительно сокращаться до 2024 года и начиная с 2035-го [Архангельский и др., 2017].

Научный и практический интерес представляет анализ взаимосвязи между рождаемостью и структурными демографическими волнами конца XX — начала XXI веков. Первая мировая и гражданская войны, голод 1921–1922 годов создали демографическую яму в динамике рождаемости и структуре населения России, а через поколение ее углубили Великая Отечественная война и послевоенный голод 1946–1947 годов [Рыбаковский, Таюнова, 2017]. Авторы справедливо предостерегают, что Россию вновь ожидает спад демографической структурной волны, в связи с чем необходимо усиление мер, направленных на повышение рождаемости [Рыбаковский, Таюнова, 2017].

В научной литературе обсуждаются долгосрочные, или вековые, а также являющиеся их частью среднесрочные, продолжительностью 25–35 лет, и краткосрочные, длящиеся не более 8–12 лет, демографические циклы. Являясь закономерной формой долговременных демографических изменений, циклы оказывают существенное влияние на экономическое развитие страны и ее регионов, а также другие сферы жизни.

В зарубежной литературе немало работ посвящено анализу и моделированию современных демографических тенденций, проблемам низкой и сверхнизкой рождаемости в европейских странах, представлены объяснительные модели ее нисходящей динамики [Anderson, Kohler, 2015; Billingsley, 2010; Frejka, 2017; Kohler et al., 2002; Zeman et al., 2018]. Значительно меньше работ, где рассматриваются проблемы демографических изменений в сельской местности [Пациорковский, 2018] и оценивается влияние циклов на особенности воспроизводства сельского населения. Вместе с тем обобщение существующих в зарубежной и отечественной литературе подходов и научных результатов позволяет сделать вывод, что определенная теоретическая и методологическая база современных исследований демографических циклов сформирована.

Целью нашего исследования является эмпирический анализ и моделирование среднесрочной нелинейной динамики абсолютного числа рождений и суммарного коэффициента рождаемости в изменяющихся социально-экономических условиях послевоенного периода (1946–2017) с учетом особенностей демографического развития сельской местности и сопоставления сельско-городских различий в России. Используются математико-статистический инструментарий и методика моделирования, основанные на теории рядов Фурье и прикладном регрессионном анализе. Информационная база исследования сформирована с использованием официальных данных Росстата. Основой для анализа и моделирования изменения числа ро-

дившихся в послевоенное время послужили скорректированные показатели динамики населения России в 1927–1959 годах [Андреев и др., 1998] и в период с 1897 по 1997 год¹. Использовались также данные Российской базы данных по рождаемости и смертности Центра демографических исследований Российской экономической школы², Демографического ежегодника России и Российского статистического ежегодника³.

1. Теоретические и эмпирические подходы к исследованию динамики рождаемости

Сокращение рождаемости и числа детей в семье является глобальной тенденцией демографического развития экономически развитых стран. Так, суммарный коэффициент рождаемости (СКР) в Германии, Швейцарии составляет 1,6, в Австрии, Венгрии, Японии — 1,5, в Италии — 1,3 (2016)⁴. В России, по данным Росстата за 2017 год, он выше: число детей, рожденных одной женщиной условного поколения, составляет в среднем 1,6⁵. Вместе с тем демографы считают, что Россия уже давно (со второй половины 1960-х годов) относится к числу стран с низкой рождаемостью, не обеспечивающей воспроизводство населения [Елизаров, 2011]. Современная демографическая парадигма, теория демографического перехода, объясняет долгосрочный переход от традиционной модели расширенного воспроизводства населения, основанного на высокой рождаемости и высокой смертности, к современному типу воспроизводства со стабильно низкими показателями смертности и рождаемости, когда устанавливается новый демографический баланс [Landry, 1934; Notestein, 1945]. Исследуя условия, формирующие закономерности перехода, авторы обращают внимание на то, что причинами транзита являются сложные комбинации технологических, социальных, экономических и политических изменений [Frejka, 2017; Notestein, 1945]. В свою очередь демографический переход выступает источником и ключевым фактором экономических, социальных и мировоззренческих перемен [Reher, 2011]. Во-первых, сокращение рождаемости и сознательное ее регулирование стали откликом на снижение

¹ Население России за 100 лет (1897–1997): Стат. сб. М.: Госкомстат России, 1998.

² Российская база данных по рождаемости и смертности. Центр демографических исследований Российской экономической школы. http://www.demogr.nes.ru/index.php/ru/demogr_indicat/data.

³ Демографический ежегодник России. 2002: Стат. сб. М.: Госкомстат России, 2002; Демографический ежегодник России. 2017: Стат. сб. М.: Росстат, 2017; Российский статистический ежегодник. 2003: Стат. сб. М.: Госкомстат России, 2003; Российский статистический ежегодник. 2018: Стат. сб. М.: Росстат, 2018.

⁴ Российский статистический ежегодник, 2018. С. 629.

⁵ Там же.

смертности; во-вторых, демографические изменения повлияли на инвестиции в образование, здоровье, потребление, мобильность населения; в-третьих, «демографический дивиденд» оказался условием резкого экономического подъема во многих странах; в-четвертых, положительные изменения в возрастной структуре населения, связанные с ростом численности трудоспособных на определенном этапе, привели к созданию национальных пенсионных систем [Reher, 2011].

Зарубежные исследователи справедливо полагают, что до сих пор демографический переход не привел к равновесию относительно стабильно низкой смертности и стабильно низкой рождаемости, смертность продолжает снижаться, в то время как глобальные перспективы рождаемости до конца не ясны [Frejka, 2017]. При стабильно снижающихся показателях смертности именно рождаемость определяет особенности воспроизводства населения, являясь ключевым фактором, влияющим на замещение поколений.

Рассматривая российскую модель демографического перехода, исследователи отмечают, что «при патриархальном типе воспроизводства главным регулятором численности населения выступал уровень смертности, а при современном воспроизводстве главную роль начинает играть рождаемость, существенно ограничивая рост численности населения» [Римашевская и др., 2012. С. 24]. В связи с этим возрастающее внимание к современным трендам рождаемости объясняется не только академическим интересом, вызванным ее ролью в установлении новой модели демографического баланса, но и практической значимостью. Фундаментальные социально-демографические сдвиги, сопровождающие переход к новому равновесию, затрагивают все стороны экономического и социального развития, включая структуру занятости и рынок труда, пенсионную систему, семейно-брачные отношения, гендерные роли, модели репродуктивного поведения, место детей в структуре семейных ценностей.

Теория второго демографического перехода [Lesthaeghe, Van de Kaa, 1986; Van de Kaa, 1996], которая активно обсуждается в научной литературе, объясняет транзит демографической системы от традиционной модели брака к расширению неформальных и альтернативных форм семейной жизни, контролю над рождаемостью, признанию ценности свободы выбора, самореализации и индивидуальных предпочтений, доминированию малодетного типа репродуктивного поведения. Делается вывод, что изменение системы социальных регуляторов организации семейной жизни и репродуктивного поведения, снижение многодетной и среднететной мотивации в итоге приводят к спаду рождаемости. При

этом «начало семейной жизни отодвигается к более позднему возрасту и одновременно увеличивается период между завершением образования, началом трудовой деятельности, с одной стороны, и рождением первого ребенка — с другой» [Демографическая модернизация, 2006. С. 143].

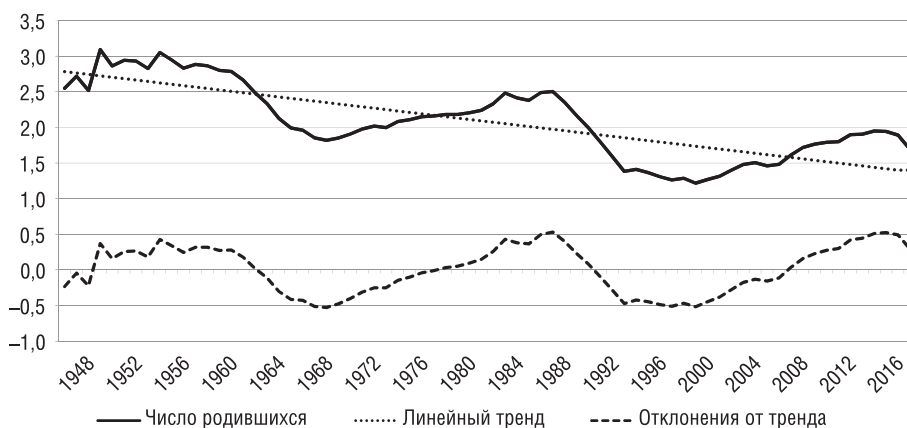
Обращаясь к современному этапу эволюции рождаемости в России, Томас Фрейка и Сергей Захаров отмечают, что он «характеризуется трансформацией традиционной модели деторождений с характерным для нее ранним формированием семьи в сторону модели, при которой рождение детей происходит в более зрелом возрасте» [Фрейка, Захаров, 2014. С. 134]. Постарение возрастной структуры рождаемости, которое сдерживает ее рост, в экономически развитых странах произошло раньше, а в России позднее, однако является общей закономерностью современного развития. Как подчеркивают авторы, «специфика российских демографических процессов в том, что снижение рождаемости в России началось с более высокого уровня и позднее, чем в большинстве развитых стран» [Римашевская и др., 2012. С. 29]. Вместе с тем спад рождаемости выступает одной из ключевых тенденций долгосрочного социально-демографического развития, его последствия будут значительными для экономики и общества не только развитых и развивающихся стран, но и для России.

Статистическое изучение демографического спада опирается на систему абсолютных и относительных показателей, общих, частных и специальных коэффициентов, объясняющих различные стороны демографических процессов и имеющих свои достоинства, недостатки, ограничения. Исторические ряды динамики абсолютного числа рождений важны при анализе долгосрочных закономерностей и тенденций воспроизводства населения с целью сопоставления во времени характеристик естественного движения и замещения поколений. Циклическая динамика годового числа рождений зависит, с одной стороны, от изменений численности и структуры женщин детородного возраста, с другой — от колебаний в возрастной интенсивности рождаемости. Для оценки циклических демографических изменений в статье моделируются как динамика абсолютного годового числа рождений, так и поведение суммарной рождаемости, важным преимуществом которой является относительная независимость от возрастной структуры. Суммарный коэффициент рождаемости (СКР), измеряющий среднее число детей, рожденных женщиной условного поколения за весь репродуктивный период, использовался также в качестве результирующего при анализе откликов сельской и городской рождаемости на реализацию мер демографической политики

и социально-экономические изменения условий жизни семей. Мы исходили из предположения, что спад и рост рождаемости вместе с циклическими колебаниями ее уровня закономерно отражаются в послевоенной динамике абсолютного числа рождений и среднесрочных изменениях суммарного коэффициента рождаемости (рис. 1, 2).

2. Послевоенные циклы числа рождений в России и среднесрочная динамика величины суммарного коэффициента рождаемости

Как в экономических, так и в демографических циклах выделяют повышательную и понижительную фазы, а затухание роста рождаемости является основным признаком истощения ресурсов сложившейся модели. Исследования показывают, что понижительная фаза цикла, как правило, является периодом демографической нестабильности, что побуждает государство к разработке дополнительных социальных программ, а также реализации мер активной демографической и семейной политики, направленных на материальное стимулирование рождаемости и поддержку семей с детьми.



Источники: Демографический ежегодник, 2017. С. 37; Население России за 100 лет, 1998. С. 84–85; [Андреев и др., 1998]; Естественное движение населения. <https://www.gks.ru/folder/12781>.

Рис. 1. Число родившихся в Российской Федерации,
линейный тренд и отклонения от тренда, 1946–2017 годы (млн чел.)

На рис. 1 представлены три среднесрочных послевоенных цикла числа рождений, первый из которых, продолжительностью 25 лет, охватывает 1943–1968 годы. Наиболее сильным в военное время было падение числа родившихся в 1943 году, когда спад, как отмечает Вишневский, достиг «дна»: родилось

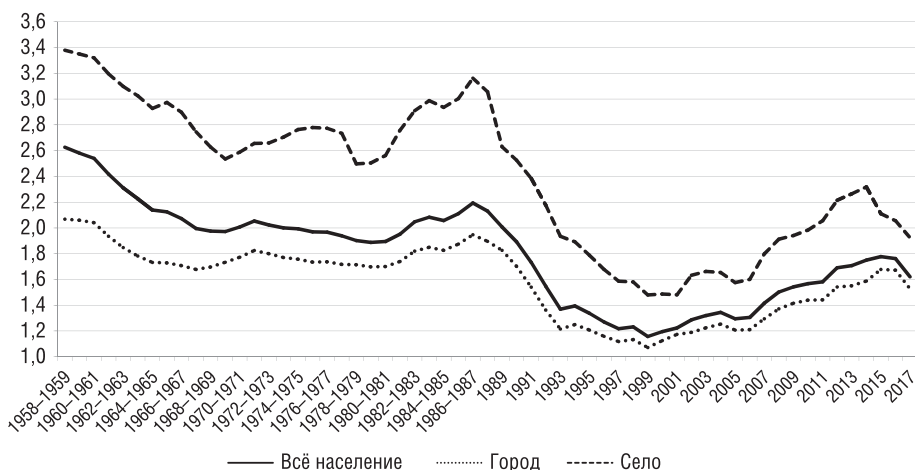
почти втрое меньше детей, чем в годы предыдущих минимумов — в 1917-м и 1934-м [Вишневский, 2016]. В результате значительных потерь мужского населения деформировалась возрастная структура, резко усилилась гендерная асимметрия, выросла доля женщин, которые никогда не состояли в браке и не имели детей. Демографы подчеркивают, что значительный женский перевес характерен для всех воевавших стран, но в России он был особенно велик [Вишневский, 2016]. Восходящая фаза первого послевоенного среднесрочного цикла (1943–1949) была недолгой, а компенсаторный подъем суммарной рождаемости в послевоенное время — непродолжительным, едва превысившим трех детей на одну женщину условного поколения. Число рождений, которое увеличивалось с 1944 года, достигло максимальных значений в 1949-м в городской и в 1951-м — в сельской местности. В 1954 году число рождений находилось на уровне, близком к 1949 году, затем последовал спад, продолжавшийся до 1968-го. К этому времени СКР сократился до 1,975 (1968–1969), в городской местности до 1,696, в сельской — до 2,627 ребенка на одну женщину условного поколения⁶, сигнализируя, что сложившаяся модель исчерпала потенциал и ресурсы роста рождаемости (рис. 2). Следует отметить, что понижательная фаза первого послевоенного цикла динамики СКР закончилась в интервале 1968–1970 годов, что практически совпало с завершением первого цикла числа рождений (рис. 2).

Второй среднесрочный послевоенный цикл числа рождений, продолжительностью 31 год, охватывает 1968–1999 годы. Восходящая фаза (с учетом стабилизации числа рождений в 1983–1987-м) пришлась на 1968–1987 годы, нисходящая — на 1987–1999-й (рис. 1). На восходящей волне цикла число рождений в России выросло с 1,82 (1968) до 2,50 (1987) млн чел. Поведение суммарного коэффициента рождаемости было не столь однозначным (рис. 2). Его значения сначала увеличивались с 1,975 (1968–1969) до 2,053 (1971–1972), а затем сокращались до 1,895 (1980–1981), составив в городской местности 1,700, в сельской — 2,562⁷.

Второй послевоенный цикл динамики СКР начал хорошо просматриваться лишь с последней стадии повышательной фазы цикла числа рождений (1979–1980), к 1986–1987 годам СКР достиг максимального значения, и далее до 2017-го его динамика практически синхронизировалась с динамикой числа рождений. Как показали расчеты, значения коэффициента корреляции этих рядов

⁶ Демографический ежегодник России, 2002. С. 94.

⁷ Там же.



Примечание. В указанных статистических сборниках расчет СКР до 1988 года производился за два смежных года.

Источники: Население России за 100 лет, 1998. С. 145–148; Российский статистический ежегодник, 2003. С. 118; Российский статистический ежегодник, 2018. С. 145.

Рис. 2. Динамика суммарного коэффициента рождаемости для всего, городского и сельского населения (чел.)

с 1958 по 2017 год составляют 0,945 и увеличиваются до 0,980 для диапазона 1986–2017 годов. Отмеченное обстоятельство учитывалось при моделировании.

В 1981 году государством были разработаны и в дальнейшем реализованы меры поддержки семей с детьми, сформировавшие дополнительные стимулы роста рождаемости населения. Тогда же были введены новые льготы работающим матерям. Потенциальному росту рождаемости способствовала возрастная структура населения, которая сложилась к первой половине 1980-х. В 1986–1987 годах значение суммарного коэффициента рождаемости выросло до 2,194, что всё-таки ниже пикового значения первого послевоенного цикла. При этом СКР сельского населения — 3,162 — традиционно превышал показатель городского населения — 1,947 (1987)⁸. Восходящая фаза второго послевоенного цикла рождаемости завершилась в 1987 году, когда абсолютное число рождений достигло максимальных значений.

Нисходящая фаза цикла (1987–1999), которая пришлась на сложный социально-экономический период распада СССР (1991), разрушения многолетних хозяйственных и межсемейных связей, трансформационного спада, когда происходила смена не только хозяйственного механизма, но и принципов экономической и социальной организации общества, разрушительного

⁸ Демографический ежегодник России, 2002. С. 94.

финансового кризиса (1998), принесла неблагоприятные демографические изменения. Катастрофический обвал рождаемости произошел в 1992–1993 и 1998–1999 годах. Суммарный коэффициент рождаемости резко сократился до 1,369 (1993) и 1,157 (1999), дойдя до исторического минимума, число рождений составило 63,5% (1992), 55,2% (1993) и 48,6% (1999) от максимальных значений, достигнутых на «гребне волны». Как считают российские ученые, «демографическую яму второго эха войны углубили реформы конца XX века, а также два антитайминга рождений: свертывание демографической политики 1980-х гг. и откладывание рождений вследствие кризиса 1990-х гг.» [Рыбаковский, Таюнова, 2017. С. 56]. В дополнение к этому в 1992 году завершился длительный период естественного прироста населения, когда число рождений превышало число смертей. В дальнейшем наблюдалась естественная убыль населения, которую не компенсировал миграционный прирост. Численность населения России в 1994 году, а также с 1996-го по 2009-й устойчиво сокращалась.

Третий (текущий) среднесрочный послевоенный цикл начался в 1999 году, а с 2000-го отмечен циклический рост числа рождений как в городской, так и в сельской местности. Восходящая фаза цикла продолжалась до 2014 года, было достигнуто максимальное за последние годы число рождений. В целом по стране с 1,21 млн (1999) до 1,94 млн (2014) увеличилось число рождений, вместе с тем не превысив предыдущего максимума, характерного для второго послевоенного цикла в 1987 году, составившего 2,5 млн чел.⁹ Одновременно повышалась интенсивность деторождений, суммарный коэффициент рождаемости увеличился с 1,157 (1999) до 1,777 (2015), что тем не менее не обеспечивало простого замещения поколений. Таким образом, несмотря на рост рождаемости, по-прежнему сохраняется суженное воспроизводство. В сельской местности максимальное значение СКР было достигнуто в 2014 году и составляло 2,318, в городской в 2015-м — 1,678¹⁰. Исследователи уверены, что основное «достижение этих лет состоит в том, что прекратилось падение итоговой рождаемости в реальных поколениях женщин» [Рыбаковский, Таюнова, 2017. С. 56]. В этот период были реализованы меры активной демографической политики. Так, в 2007 году утверждена Концепция демографической политики Российской Федерации на период до 2025 года, нацеленная на улучшение

⁹ Демографический ежегодник России, 2017. С. 37.

¹⁰ Там же. С. 45.

условий воспроизводства населения России, стабилизации его численности¹¹. Важным инструментом явились выплаты материнского (семейного) капитала при условии рождения второго и последующих детей¹². Принятые государством меры поддержки семьи способствовали увеличению числа вторых, третьих и последующих деторождений на фоне ослабления вклада первенцев. Важно понимать, что материальное стимулирование рождаемости имеет свои ограничения: во-первых, оно является кратковременным, а эффект всегда затухающим, во-вторых, оно не способно переломить закономерные тенденции. Так, всплеск рождаемости на 8,5% в 2007 году повторился в 2008-м и 2012-м, однако в остальные годы периода 2007–2014-го темп ежегодного роста СКР уменьшался до 0,9–2,7%, что ниже, чем в 2000–2003 годах (2,3–5,2%). При этом наблюдаются различия в темпах и направленности изменений динамики рождаемости у городского и сельского населения.

Сравнение показателей свидетельствует, что сельское население в большей степени, чем городское, откликнулось на новые меры поддержки семей с детьми повышением интенсивности деторождений. Если с 1993 по 2005 годы (за исключением 2002-го) СКР городского населения снижался медленнее или рос быстрее, чем сельского, то в 2006–2013-м (за исключением 2009-го) интенсивность роста рождаемости сельского населения была выше. Особенно заметными были различия в 2007 году, когда темп роста СКР сельского населения составил 12,3% против 6,9% городского, и в 2010–2014-м — в эти годы СКР городского населения увеличился на 10,4%, а сельского — на 16,9%.

В эти годы позитивные демографические тенденции в городах и сельской местности проявились не только в росте рождаемости, но и в снижении смертности населения. В 2013–2015 годах сохранялся положительный естественный прирост населения России. Результаты социологических опросов 2011 и 2017 годов выявили высокую поддержку населением государственной пронаталистской демографической политики [Малева и др., 2017]. Вместе с тем следует особо подчеркнуть, что меры, направленные на стимулирование рождаемости, были реализованы на восходящей волне цикла, они усилили положительный эффект демографического роста, но не сформировали его базовые предпосылки. Результаты исследований показывают,

¹¹ Концепция демографической политики Российской Федерации на период до 2025 года. Утверждена Указом Президента Российской Федерации от 09.10.2007 № 1351. <https://base.garant.ru/191961/53f89421bbdaf741eb2d1ecc4ddb4c33/>.

¹² О дополнительных мерах государственной поддержки семей, имеющих детей: Федеральный закон от 29.12.2006 № 256-ФЗ. <https://legalacts.ru/doc/federalnyi-zakon-ot-29122006-n-256-fz-o/>.

что среднесрочные демографические циклы имеют эндогенную природу, экзогенные факторы, усиливая или ослабляя величину роста (спада), не являются его фундаментальным основанием. Рассматривая третий послевоенный цикл, важно отметить, что росту рождаемости способствовали, во-первых, увеличение числа потенциальных матерей, которое продолжалось до 2003 года в городской и до 2006-го — в сельской местности, во-вторых, рождение вторых (третьих и последующих) детей под влиянием мер активной демографической и семейной политики. Эффективная семейная политика важна не только с позиций поддержки рождаемости, «она имеет и символический смысл, показывающий людям заинтересованность общества в том, чтобы дети появлялись на свет желанными, благополучно росли и социализировались»¹³.

В 2015 году начался спад рождаемости, который продолжится в ближайшей перспективе. Величина суммарного коэффициента рождаемости сократилась с 1,777 (2015) до 1,621 (2017), в сельской местности — с 2,318 (2014) до 2,056 (2016) и 1,923 (2017), в городской — с 1,678 (2015) до 1,527 (2017). Следует отметить, что в 2015 году СКР городского населения продолжал расти темпом 5,7%, в то время как СКР сельского населения резко снизился на 8,9%. Показатели абсолютного числа рождений упали с 1,95 млн (2014) до 1,89 (2016) и 1,69 млн детей в 2017 году, увеличились масштабы естественной убыли населения¹⁴. Результаты анализа свидетельствуют, что, имея циклическую природу, современный демографический спад продлится еще десять-двенадцать лет, пока нисходящая волна цикла не достигнет «дна», ознаменовав начало нового (четвертого) послевоенного цикла. Более точная оценка может быть получена с использованием моделей, представленных в третьем и четвертом разделах.

Циклы числа рождений включают компоненты как экстенсивного демографического развития, отражающего изменение численности женщин фертильного возраста, так и интенсивного, проявляющегося в увеличении (уменьшении) суммарной рождаемости. Современный этап сокращения числа женщин фертильного возраста, в особенности возраста наибольшей репродуктивной активности, потенциально может быть частично компенсирован, если удастся увеличить суммарную рождаемость. Для этих целей необходима система мер демографической и семейной политики, нацеленных на стимулирование рождения третьего, чет-

¹³ Население России 2014: двадцать второй ежегодный демографический доклад / Отв. ред. С. В. Захаров. М.: Изд. дом ВШЭ, 2016. С. 196.

¹⁴ Демографический ежегодник, 2017. С. 45; Естественное движение населения. <https://www.gks.ru/folder/12781>.

вертого и последующих детей и поддержку многодетных семей. Можно предположить, что на указанные меры прежде всего откликнутся семьи, проживающие в сельской местности, малых и средних городах России, а также городские семьи, ориентированные на средне- и многодетность. Следует согласиться с исследователями, что некоторый рост рождаемости может быть обеспечен «за счет увеличения числа многодетных семей в сельской местности и среднего размера семей в городах страны, где сосредоточено большинство ее жителей» [Пациорковский, 2018. С. 44].

Важно подчеркнуть, что факторами, противодействующими росту рождаемости, выступают не только сокращение числа женщин фертильного возраста, но также перемены в «ментальных конструктах» репродуктивного и брачного поведения, изменения репродуктивных предпочтений семей, постепенное распространение идеологии сознательной бездетности. Важно понимать, что демографический ландшафт России постоянно меняется, бросая вызовы, формируя новые риски и ограничения, к которым должна активно адаптироваться экономика страны.

3. Методика моделирования

Проведенный анализ позволил выявить следующие особенности динамики числа рождений как объекта математико-статистического моделирования. В рассмотренный период четко прослеживаются тенденции к снижению рождаемости (см. линию тренда на рис. 1) и периодичности колебаний изменения общего числа рождений по годам. Тренд носит линейный характер, а отклонения фактических значений числа рождений от тренда (остатки) во времени имеют гармонический характер. Форма графика остатков выше и ниже линии тренда, и амплитудные (наибольшие и наименьшие) значения примерно одинаковы на всём протяжении ряда. Полный период колебаний числа рождений можно определить по графику остатков на рис. 1 (например, по годам достижения соседних максимумов или минимумов, годам пересечения с горизонтальной осью или другим характерным точкам). В силу размытости значений ряда в окрестностях локальных максимумов период может быть оценен лишь приближенно; по нашим оценкам, как было отмечено выше, он составляет 28–30 лет. Таким образом, рассматриваемый временной интервал охватывает более двух периодов исследуемого временного ряда. Подобные тенденции прослеживаются также для динамического ряда значений суммарного коэффициента рождаемости, в особенности в последние тридцать лет — с 1987-го по 2017-й.

Установленные особенности дают основание использовать при математическом моделировании динамики рождаемости тригонометрические аппроксимации (конечные ряды Фурье, см., например, [Привалов, 2017; Шмойлова и др., 2006]) в сочетании с линейной моделью тренда. С учетом сформулированных предпосылок математическая модель для аппроксимации исследуемого ряда имеет следующий вид:

$$\tilde{y}_t = a + bt + \sum_{k=1}^n (a_k \text{Sinkt} + b_k \text{Coskt}), \quad (1)$$

где \tilde{y}_t — приближенное значение числа рождений в момент t , k — порядковый номер гармоники тригонометрической аппроксимации, a_k , b_k характеризуют амплитудные значения (A_k) k -й гармоники: $A_k = \sqrt{a_k^2 + b_k^2}$, n — общее количество гармоник, которое определяется с учетом требуемой точности аппроксимации, a , b , a_k , b_k — коэффициенты, которые оцениваются по значениям исследуемого ряда.

В соответствии с теорией и практикой аппроксимации с использованием рядов Фурье время t в модели (1) должно быть выражено в радианной мере. В случае анализа динамики числа рождений это может быть достигнуто с помощью использования условных значений показателя t , рассчитываемых по формуле:

$$t = \frac{2\pi(x - 1954)}{60}, \quad (2)$$

где x — порядковый номер года, 1954 — год начала устойчивого спада в первом послевоенном цикле числа рождений (выбран из соображений повышения наглядности интерпретации). С учетом формулы (2) значение t для 1954 года равняется 0, для 1946 года $t = -0,838$, для 2014 года, завершающего третий цикл, $t = 6,2832$ (приближенное значение 2π).

Таким образом, интервал 1954–2014 годов, содержащий два демографических цикла, с помощью преобразования (2) сводится к стандартному интервалу периодичности тригонометрических функций $[0 \div 2\pi]$. В дальнейших расчетах будут использоваться условные значения t , рассчитанные по формуле (2). Аналогично при моделировании динамики СКР расчет t производится по формуле (2) с заменой знаменателя 60 на 30 (число значений СКР в динамическом ряду начиная с 1988 года).

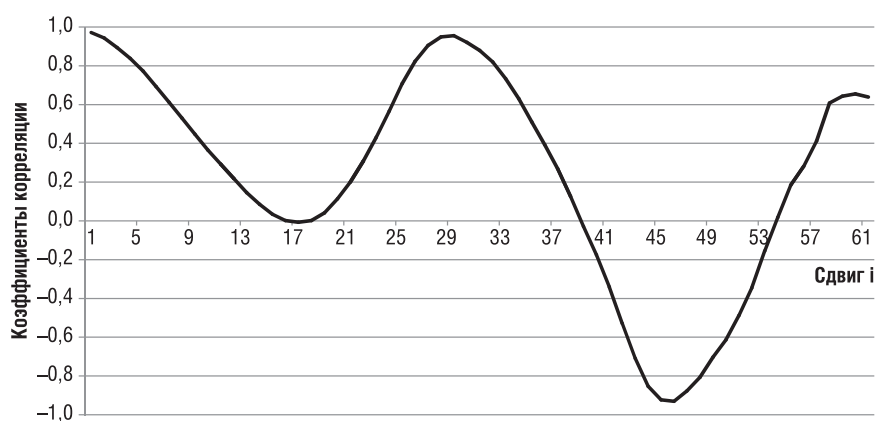
При идентификации следует учитывать, что периодичности рассматриваемого ряда связаны с демографическими процессами смены поколений женщин фертильного возраста и продолжительности вхождения женщин в фертильный возраст. Рассмотренные временные интервалы составляют соответственно половину, третью часть

и четверть выбранного за основу 60-летнего периода. Таким образом, на начальном этапе исследования в модель (1) априори должны быть включены демографически обоснованные гармоники с периодом 30, 20 и 15 лет, что соответствует значениям $k = 2, 3, 4$. Затем модель уточняется посредством включения в нее гармоник более высокого порядка, а также исключения из модели отдельных тригонометрических функций со статистически незначимыми коэффициентами. Этот процесс, как и оценка коэффициентов моделей по методу наименьших квадратов, производится с использованием пошаговой (stepwise) регрессии. В качестве критерия точности моделей (1) на каждом этапе используются значения коэффициента множественной детерминации (R^2), скорректированного с учетом общего числа значений временного ряда и числа коэффициентов модели (см., например, [Дрейпер, Смит, 2016]).

Итоговая модель (1) характеризует влияние системных (линейная часть) и периодических (гармонические колебания, описываемые тригонометрическим полиномом) факторов. Невключенные в модель экзогенные факторы, связанные с непредсказуемыми внешними воздействиями (в дальнейшем называемые в соответствии со статистической терминологией случайными), оцениваются разностью фактических (y_t) и рассчитанных по модели (\tilde{y}_t) значений исходного ряда $\hat{a}_t = y_t - \tilde{y}_t$ и обычно интерпретируются на содержательном уровне.

4. Результаты моделирования

Периодический характер и длины периодов колебаний формально выявляются с помощью автокоррелограммы — последо-



Источники: Демографический ежегодник России, 2017. С. 37; Население России за 100 лет, 1998. С. 84–85; [Андреев и др., 1998]; Естественное движение населения. <https://www.gks.ru/folder/12781>.

Рис. 3. Автокоррелограмма для ряда динамики числа рождений

вательности коэффициентов корреляции между «полным» рядом и его «укороченными» вариантами, полученными путем сдвига (лага) «полного» ряда на i шагов (рис. 3).

Можно видеть, что самая высокая корреляция между «полным» рядом и его сдвинутыми вариантами наблюдается при лагах 28–30 лет ($r = 0,97–0,98$) и 60–62 года ($r = 0,93–0,98$). Иначе говоря, колебания рассматриваемого ряда довольно точно — по длине и амплитуде — повторяются примерно каждые 30 лет.

Модели числа рождений и СКР для всего населения

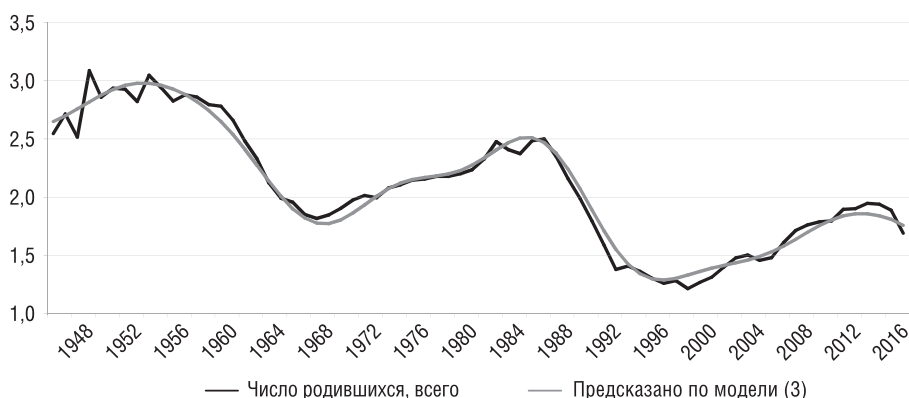
Для аналитического описания колебаний был применен метод Фурье к ряду, построенному для отклонений фактического числа рождений от линейного тренда (остатков, рис. 1). При этом в формуле (1) значения коэффициентов a , b равны 0. Число гармоник n принималось равным 3 — по числу полных и неполных волн в ряду. Аппроксимация осуществлялась методом множественной линейной регрессии. В качестве значений независимых переменных использовались компоненты первых трех гармоник (1), вычисленные в точках t , соответствующих номерам годов. Анализ показал, что достаточно высокая значимость рассматриваемой модели ($R^2 = 0,90$) достигнута начиная с включения в нее трех первых гармоник. Таким образом, минимально достаточное число компонент, которое необходимо учитывать в тригонометрической функции Фурье, аппроксимирующей рассматриваемый ряд, совпадает с реальным количеством волн в нем, что отражает внутреннюю логику исследуемого демографического процесса. Дальнейшее уточнение модели (1) с использованием пошаговой регрессии привело к соотношению (3):

$$\begin{aligned} \tilde{y}_t = & 2,559 - 0,179t + 0,446\cos 2t - 0,025\cos 3t + \\ & + 0,098\sin 4t - 0,059\sin 5t, R^2 = 0,974. \end{aligned} \quad (3)$$

Качество аппроксимации моделью (3) исследуемого ряда проиллюстрировано на рис. 4.

Как показали расчеты, оценки коэффициента множественной детерминации $R^2 = 0,974$ и коэффициентов модели (3), кроме коэффициента при $\cos 3t$, существенно превосходят критические значения, соответствующие однопроцентному уровню значимости. Коэффициент при $\cos 3t$ значим на уровне между 5 и 10%.

Таким образом, по статистическим критериям модель (3) обладает высокой точностью аппроксимации, в целом достаточной для анализа динамики ряда на качественном уровне. Это еще раз подтверждает правильность визуальной оценки периодов основ-



Источники: Демографический ежегодник России, 2017. С. 37; Население России за 100 лет, 1998. С. 84–85; [Андреев и др., 1998]; Естественное движение населения <https://www.gks.ru/folder/12781>.

Рис. 4. Динамический ряд числа рождений и его аппроксимация моделью (3) (млн чел.)

ных колебаний исходного ряда, составляющих 30 и 15 лет и соответствующих средней продолжительности фертильного возраста женщин и сроков вхождения в фертильный возраст. Амплитуда пятой гармоники 0,059, так же как второй и четвертой, статистически значима. Следовательно, включение пятой гармоники способствует повышению точности модели.

К недостаткам модели (3) следует отнести не очень точное сглаживание ниспадающих участков динамического ряда. В диапазоне с 1958 года по 1963-й реальная динамика занижается, а с 1989-го по 1994-й — завышается. По-видимому, отмеченный недостаток может быть устранен за счет дальнейшего усложнения модели с оценкой качества вариантов по критерию серий [Кобзарь, 2006]. Другой путь повысить точность модели — использовать при расчетах более короткий ряд, охватывающий период влияния на данном этапе наиболее существенных экзогенных факторов. Возможно также сочетание предложенных подходов.

Модель для описания динамического ряда СКР z_t в интервале 1987–2017 годов имеет вид:

$$\tilde{z}_t = 1,795 - 0,089t - 0,246Sint + 0,334Cost - 0,028Sin2t + 0,086Cos2t - 0,030Cos5t, R^2 = 0,987. \quad (4)$$

Модель (4) для СКР, как и модель (3) для числа родившихся, характеризуется высоким значением коэффициента множественной детерминации 0,987 и в отличие от модели (3) имеет меньшие относительные погрешности на завершающей стадии предсказаний в 2014–2016 годах: от 0,33 до 3,1% против 4,2–5,1% соответственно. Кроме того, положительные и отрицательные

остатки для модели (4) распределены более равномерно. Таким образом, есть основания утверждать, что модель (4) более точна в сопоставлении с моделью (3). Отчасти это может быть связано с тем, что модель (4) построена по более короткому ряду значений.

Модели для городского и сельского населения

Описанная методика была использована также для аппроксимации рядов динамики числа рожденных в городской и сельской местности с 1965 по 2016 годы. Число рожденных в 1965 году (всего) составило 1,99 млн, в 1968-м — 1,82 млн. Далее началась восходящая стадия числа родившихся. Рассматриваемый период моделирования охватывает конец первого и последующие послевоенные циклы рождаемости. Соответствующие модели после проведения аппроксимаций и дальнейших отборов, предусмотренных методикой, имеют следующий вид:

число рожденных в городской местности

$$\tilde{y}_t = 1,643 - 0,094t + 0,356\cos 2t + 0,105\sin 4t - 0,027\sin 5t, \quad (5)$$
$$R^2 = 0,962;$$

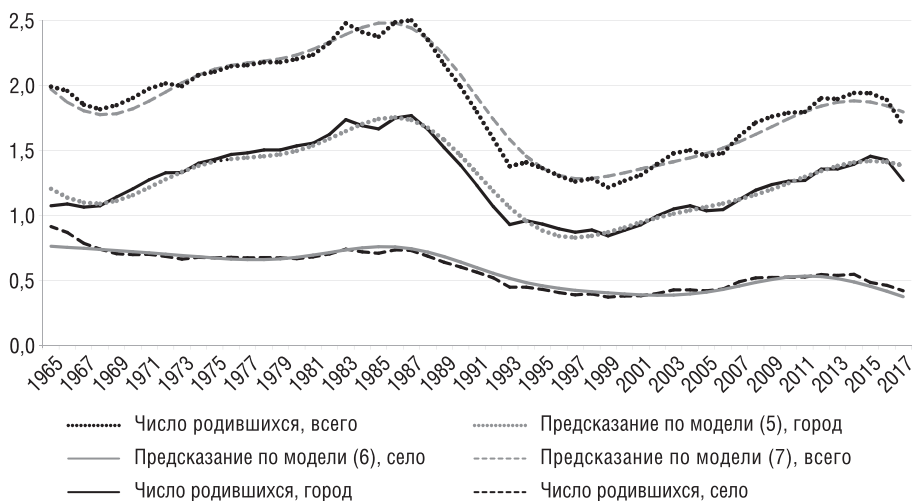
число рожденных в сельской местности

$$\tilde{y}_t = 0,901 - 0,084t + 0,092\cos 2t - 0,046\sin 3t +$$
$$+ 0,020\sin 4t - 0,014\sin 5t, \quad R^2 = 0,916; \quad (6)$$

число всех рожденных

$$\tilde{y}_t = 2,558 - 0,179t + 0,452\cos 2t + 0,101\sin 4t - 0,042\sin 5t, \quad (7)$$
$$R^2 = 0,966.$$

Оценка коэффициентов моделей (5)–(7) проводилась по значениям соответствующих рядов динамики числа рожденных с 1965 года. Условные значения времени t , как и ранее, рассчитывались по формуле (2), в 1965 году значение t составило 1,15192. Модели (5)–(7) обладают достаточно высокими статистическими характеристиками, сопоставимыми с рассмотренной ранее моделью (3). Качество аппроксимации по моделям (5)–(7) также иллюстрируется на рис. 5. Анализ показывает, что точность модели (6) для села по критерию коэффициента множественной детерминации ($R^2 = 0,916$) несколько ниже, чем для города и населения России в целом (0,962). Из рис. 5 также следует, что модель для города (5), как и ранее рассмотренная модель (2) для всего населения, в интервале с 1989 по 1994 год дает несколько завышенные значения числа родившихся, а модель для села подобным образом завышает значения этого показателя в 1985–1994 годах.



Источники: Демографический ежегодник России, 2017. С. 37; Население России за 100 лет, 1998. С. 84–85; Естественное движение населения. <https://www.gks.ru/folder/12781>.

Рис. 5. Динамика числа рождений с 1965 года для всего, городского и сельского населения и ее аппроксимация моделями (4)–(6) (млн чел.)

Вместе с тем рассмотренные модели более точно, чем модель (3) для всего населения, улавливают повышение рождаемости, связанное с принятием дополнительных мер демографической политики, а также динамику рождаемости в 1999–2017 годах. Отмеченное обстоятельство может использоваться при прогнозировании на основе приведенных моделей числа родившихся после 2017 года. При этом переход от номера года к значению условного времени t производится, как и ранее, по формуле (2). Подобными свойствами обладают модели (8)–(10), описывающие динамику суммарного коэффициента рождаемости населения России, а также сельского и городского населения в отдельности. Они имеют следующий вид:

для городского населения

$$\tilde{z}_t = 1,590 - 0,065t - 0,206Sint + 0,288Cost - 0,023Sin2t + 0,094Cos2t - 0,027Cos5t, R^2 = 0,977; \quad (8)$$

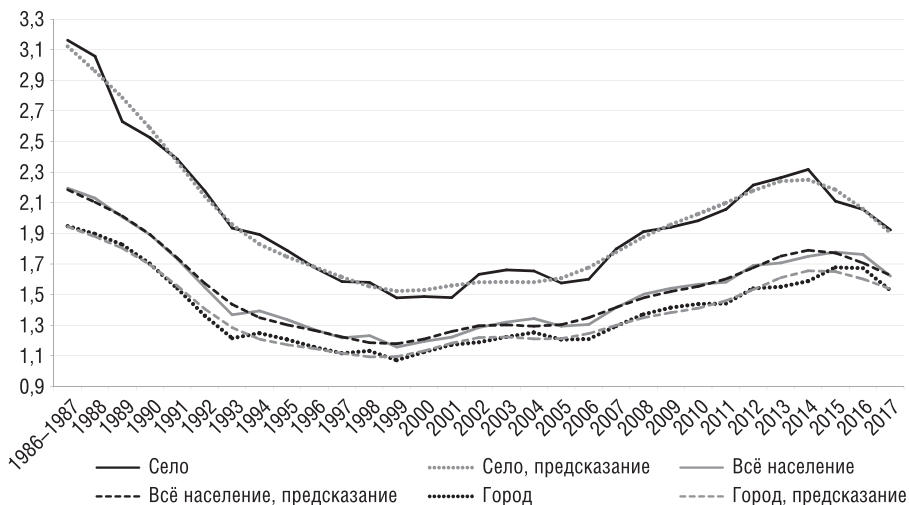
для сельского населения

$$\tilde{z}_t = 2,576 - 0,194t - 0,409Sint + 0,493Cost - 0,081Sin2t + 0,079Cos2t - 0,028Cos5t, R^2 = 0,978; \quad (9)$$

для всего населения

$$\tilde{z}_t = 1,795 - 0,089t - 0,246Sint + 0,334Cost - 0,028Sin2t + 0,086Cos2t - 0,030Cos5t, R^2 = 0,986. \quad (10)$$

См. также модель (4). Графические иллюстрации точности моделирования СКР представлены на рис. 6. Анализ показывает, что качество аппроксимации исходных рядов СКР моделями (8)–(10) по критерию коэффициента множественной детерминации выше, чем для моделей (5)–(7) для аппроксимации рядов числа рождаемости.



Источники: Демографический ежегодник, 2017. С. 37; Естественное движение населения. <https://www.gks.ru/folder/12781>.

Рис. 6. Динамика СКР для всего, городского и сельского населения и ее аппроксимация моделями (8)–(10) (чел.)

Из приведенных рисунков видно, что в целом динамика моделируемых рядов различна. Если ряды числа рождений достаточно явно демонстрируют цикличность на фоне нисходящего тренда практически с момента начала наблюдений (рис. 1, 5), то цикличность рядов суммарного коэффициента рождаемости до 1979–1980 годов столь явно не просматривается (рис. 2). Она сформировалась лишь к 1980–1987 годам, что совпало с завершением восходящей фазы второго послевоенного цикла числа рождаемости. В дальнейшем динамика рядов синхронизировалась с коэффициентом корреляции 0,98. Последнее обстоятельство способствовало однотипному подходу к моделированию рядов после 1986 года.

Модели для числа родившихся достаточно точно описывают поведение рядов в окрестностях локальных максимумов (переход от восходящей волны к нисходящей) и локальных минимумов, в то время как качество описания отдельных нисходящих волн содержит относительные погрешности до 10% и (редко)

выше (рис. 4, 5). Подобным недостатком обладают модели для всех рассмотренных объектов (сельское, городское и всё население РФ), и это должно учитываться в задачах прогнозирования рождаемости.

Модели для суммарного коэффициента рождаемости (рис. 6) более точны. Максимальная относительная погрешность при расчетах по всему населению составила 4,9% в 1993 году, в остальных точках не превышала 4%. Аналогично максимум относительной погрешности модели для города (5,7%) также был достигнут в 1993 году. В 2014-м и 2016-м погрешность составила 4,3–4,2%, в остальные годы была ниже 4%. Максимальная относительная погрешность модели для СКР сельского населения была достигнута в 1989 и 2001 годах (приблизительно 5,5%) и в остальном временном диапазоне не превышала 5%.

Таким образом, синтез методов Фурье и регрессионного анализа позволил реализовать модели, корректно описывающие динамику числа рождений в России в послевоенный период. Исходная трехкомпонентная тригонометрическая функция Фурье оказывается достаточно гибкой для удовлетворительной аппроксимации динамических рядов числа рождений и суммарного коэффициента рождаемости, имеющих выраженные тренды и колебания. Ее увеличение до пяти компонент позволило повысить точность моделей до приемлемого уровня. Построенные модели с учетом допущений могут эффективно использоваться в задачах прогнозирования числа рождений, в том числе городского и сельского населения, что позволит оценить демографические ограничения развития российской экономики.

Заключение

Демографические циклы, которые оказывают значительное влияние на социально-экономические изменения в стране, проявляются в сменяющих друг друга колебаниях демографических параметров, формирующих повышательные и понижительные волны. В статье предложены математические модели, отражающие колебания числа рождений и суммарного коэффициента рождаемости в изменяющихся социально-экономических условиях послевоенного периода (1946–2017). Методика моделирования основана на адаптации методов построения рядов Фурье и пошаговой регрессии с учетом специфики рассматриваемых демографических процессов. С ее использованием построены конкретизации для всего населения РФ, городской и сельской

местности в отдельности, позволяющие выделить основной (линейный) тренд снижения и оценить периодические колебательные процессы значений исследованных демографических параметров. Проанализирована точность моделей, и намечены пути ее повышения. Построенные модели адекватно оценивают реальную динамику изучаемых процессов, соответствуют статистическим критериям и имеют перспективы использования в задачах прогнозирования. Использование предложенного подхода и применение математических моделей для анализа динамики рождаемости позволят оценить изменения одной из важнейших компонент воспроизводства населения в ближайшей и среднесрочной перспективе. Результаты исследования показали, что, во-первых, современный демографический спад в своей основе имеет эндогенную природу — экзогенные факторы усиливают саму величину спада рождаемости, не будучи его фундаментальной причиной. Во-вторых, определялась продолжительность цикла рождаемости, которая в среднем составляет 30 (28–31) лет, при этом нисходящая фаза цикла свидетельствует об исчерпании ресурсов роста рождаемости в рамках сложившейся модели. В-третьих, сельское население в большей степени, чем городское, откликнулось на меры поддержки увеличением рождаемости. Сделан вывод о своевременности дополнительного пакета мер демографической политики, направленных на стимулирование рождаемости и поддержку многодетных семей. В условиях сокращения числа женщин фертильного возраста важно обеспечить повышение интенсивности деторождений. Для этих целей необходим комплекс мер социально-демографической политики, ориентированный прежде всего на сельские территории, малые и средние города России. Результаты показывают, что экономика, в том числе аграрная, должна адаптироваться к современным демографическим изменениям и ограничениям.

Литература

1. Андреев Е. М., Дарский Л. Е., Харькова Т. Л. Демографическая история России: 1927–1959. М.: Информатика, 1998.
2. Архангельский В. Н., Данилова И. А., Дмитриев Р. В., Хасанова Р. Р. Перспективы демографического развития России до середины века // Народонаселение. 2017. № 3. С. 24–36.
3. Вишневский А. Г. Демографические последствия Великой Отечественной войны // Демографическое обозрение. 2016. № 2. С. 6–42.
4. Демографическая модернизация России, 1900–2000 / Под ред. А. Г. Вишневского. М.: Новое издательство, 2006.
5. Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. М.: Диалектика, 2016.

6. *Елизаров В. В.* Демографические и экономические аспекты поддержки семей с детьми // Уровень жизни населения регионов России. 2011. № 8. С. 78–92.
7. *Капелюшников Р. И.* Феномен старения населения: экономические эффекты // Экономическая политика. 2019. Т. 14. № 2. С. 8–63.
8. *Кобзарь А. И.* Прикладная математическая статистика. М.: Физматлит, 2006.
9. *Макаров В. Л., Бахтизин А. Р., Сушко Е. Д.* Имитация особенностей репродуктивного поведения населения в агент-ориентированной модели региона // Экономика региона. 2015. № 3. С. 312–322.
10. *Макаров В. Л., Бахтизин А. Р., Сушко Е. Д., Агеева А. Ф.* Искусственное общество и реальные демографические процессы // Экономика и математические методы. 2017. № 1. С. 3–18.
11. *Малева Т. М., Макаренцева А. О., Третьякова Е. А.* Пронаталистская демографическая политика глазами населения: десять лет спустя // Экономическая политика. 2017. Т. 12. № 6. С. 124–147.
12. *Пащиорковский В. В.* Актуальные вопросы повышения рождаемости // Народонаселение. 2018. № 1. С. 31–47.
13. *Римашевская Н. М., Доброхлеб В. Г., Медведева Е. И., Крошилин С. В.* Демографический переход — специфика российской модели // Народонаселение. 2012. № 1. С. 23–31.
14. *Рыбаковский О. Л., Таюнова О. А.* Рождаемость населения России и демографические волны // Народонаселение. 2017. № 4. С. 56–66.
15. *Фрейка Т., Захаров С. В.* Эволюция рождаемости за последние полвека в России: оптика условных и реальных поколений // Демографическое обозрение. 2014. № 1. С. 106–143.
16. *Anderson T., Kohler H.-P.* Low Fertility, Socioeconomic Development, and Gender Equity // Population and Development Review. 2015. Vol. 41. No 3. P. 381–407.
17. *Billingsley S.* The Post-Communist Fertility Puzzle // Population Research and Policy Review. 2010. Vol. 29. No 2. P. 193–231.
18. *Frejka T.* The Fertility Transition Revisited: A Cohort Perspective // Comparative Population Studies. 2017. Vol. 42. P. 89–116.
19. *Kohler H.-P., Billari F., Ortega J.* The Emergence of Lowest-Low Fertility in Europe During the 1990s // Population and Development Review. 2002. Vol. 28. No 4. P. 641–681.
20. *Landry A.* La révolution démographique. P., 1934.
21. *Lesthaeghe R., Van de Kaa D. J.* Twee demografische transitities? // Bevolking: groei en krimp / D. J. Van de Kaa, R. Lesthaeghe (eds.). Deventer: Van Loghum Slaterus, 1986.
22. *Notestein F. W.* Population — The Long View // Food for the World / T. W. Schultz (ed.). Chicago, 1945.
23. *Reher D. S.* Economic and Social Implications of the Demographic Transition // Population and Development Review. 2011. Vol. 37. Demographic Transition and Its Consequences. P. 11–33.
24. *Van de Kaa D. J.* Anchored Narratives: The Story and Findings of Half a Century of Research into Determinants of Fertility // Population Studies. 1996. Vol. 50. No 3. P. 389–432.
25. *Zeman K., Beaujouan E., Brzozowska Z., Sobotka T.* Cohort Fertility Decline in Low Fertility Countries: Decomposition Using Parity Progression Ratios // Demographic Research. 2018. Vol. 38. No 25. P. 651–690.

Rudolph P. KUTENKOV, Dr. Sci. (Econ.), Professor. Institute of Agrarian Problems, Russian Academy of Sciences (94, Moskovskaya ul., Saratov, 410012, Russian Federation).

E-mail: k.rudolf@mail.ru

Viktor L. SHABANOV, Dr. Sci. (Soc.). Institute of Agrarian Problems, Russian Academy of Sciences (94, Moskovskaya ul., Saratov, 410012, Russian Federation).

E-mail: vic35@inbox.ru

Modeling of the Medium-Term Post-War Demographic Cycles in Russia

Abstract

Demographic cycles are a fundamental mechanism for reproducing the population and regulating the number of inhabitants. The article simulates the medium-term birth cycles of the Russian population in the changing socio-economic conditions of the post-war period (1946–2017), and their interaction with the total fertility rate. The proposed mathematical model describes the cyclical demographic dynamics, distinguishing the fundamental endogenous factors from exogenous ones and random phenomena. The authors apply a technique based on a combination of trigonometric approximation methods using finite Fourier series, adapted for the considered problems, and stepwise regression for model identification and optimization. Models for the entire, urban, and rural population during a specified period and in shorter periods of time are examined. It has been established that the frequency of the series of the number of births is associated with both the duration of women's fertile age and the duration of entry into it. The results of the study show that the current demographic decline has an endogenous nature. The cycle lasts an average of 30 years, with the downward phase indicating the exhaustion of fertility growth resources within the current family model. A conclusion is made about the timeliness of additional measures of active demographic policy aimed at stimulating the birth rate, supporting large families and focused primarily on rural areas as well as small and medium-sized cities of Russia. However, the economy must adapt to demographic constraints.

Keywords: medium-term cycles, modeling, Fourier series, stepwise regression, fertility, urban and rural population.

JEL: R23, J11, C49.

References

1. Andreev E. M., Darsky L. E., Kharkova T. L. *Demograficheskaya istoriya Rossii 1927-1959 [Demographic History of Russia: 1927-1959]*. Moscow, Informatika, 1998.
2. Arkhangelsky V. N., Danilova I. A., Dmitriev R. V., Khasanova R. R. Perspektivy demograficheskogo razvitiya Rossii do serediny veka [Prospects of the Demographic Development of Russia Until the Mid-Century]. *Narodonaselenie [Population]*, 2017, no. 3, pp. 24-36.
3. Vishnevsky A. G. Demograficheskie posledstviya Velikoy Otechestvennoy voyny [Demographic Consequences of the Great Patriotic War]. *Demograficheskoe obozrenie [Demographic Review]*, 2016, no. 2, pp. 6-42.

4. Vishnevsky A. G. (ed.). *Demograficheskaya modernizatsiya Rossii, 1900-2000 [Russia's Demographic Modernization, 1900-2000]*. Moscow, Novoe izdatel'stvo, 2006.
5. Draper N., Smith G. *Prikladnoy regressionnyy analiz [Applied Regression Analysis]*. Moscow, Dialektika, 2016.
6. Elizarov V. V. Demograficheskie i ekonomicheskie aspekty podderzhki semey s det'mi [Demographic and Economic Aspects of Supporting Families with Children]. *Uroven' zhizni naseleniya regionov Rossii [Living Standards and Quality of Life]*, 2011, no. 8, pp. 78-92.
7. Kapeliushnikov R. I. Fenomen stareniya naseleniya: ekonomicheskie efekty [The Phenomenon of Population Aging: Major Economic Effects]. *Ekonomicheskaya politika [Economic Policy]*, 2019, vol. 14, no. 2, pp. 8-63.
8. Kobzar A. I. *Prikladnaya matematicheskaya statistika [Applied Mathematical Statistics]*. Moscow, Fizmatlit, 2006.
9. Makarov V. L., Bakhtizin A. R., Sushko E. D. Imitatsiya osobennostey reproduktivnogo povedeniya naseleniya v agent-orientirovannoy modeli regiona [Simulating the Reproductive Behavior of a Region's Population with an Agent-Based Model]. *Ekonomika regiona [Economy of Region]*, 2015, no. 3, pp. 312-322.
10. Makarov V. L., Bakhtizin A. R., Sushko E. D., Ageeva A. F. Iskusstvennoe obshchestvo i real'nye demograficheskie protsessy [Artificial Society and Real Demographic Processes]. *Ekonomika i matematicheskie metody [Economics and Mathematical Methods]*, 2017, no. 1, pp. 3-18.
11. Maleva T. M., Makarentseva A. O., Tretyakova E. A. Pronatalistskaya demograficheskaya politika glazami naseleniya: desyat' let spustya [Pronatalist Demographic Policy in the Eyes of the Population: Ten Years Later]. *Ekonomicheskaya politika [Economic Policy]*, 2017, vol. 12, no. 6, pp. 124-147.
12. Patsiorkovsky V. V. Aktual'nye voprosy povysheniya rozhdaemosti [Challenges of Raising Fertility]. *Narodonaselenie [Population]*, 2018, no. 1, pp. 31-47.
13. Rimashevskaya N. M., Dobrokhleb V. G., Medvedeva E. I., Kroshilin S. V. Demograficheskiy perekhod - spetsifika rossiyskoy modeli [Demographic Transition - Specific Character of the Russian Model]. *Narodonaselenie [Population]*, 2012, no. 1, pp. 23-31.
14. Rybakovsky O. L., Tayunova O. A. Rozhdaemost' naseleniya Rossii i demograficheskie volny [Fertility in Russia and Demographic Waves]. *Narodonaselenie [Population]*, 2017, no. 4, pp. 56-66.
15. Frejka T., Zakharov S. Evolyutsiya rozhdaemosti za poslednie polveka v Rossii: optika uslovykh i real'nykh pokoleniy [Fertility Trends in Russia During the Past Half Century: Period and Cohort Perspectives]. *Demograficheskoe obozrenie [Demographic Review]*, 2014, no. 1, pp. 106-143.
16. Anderson T., Kohler H.-P. Low Fertility, Socioeconomic Development, and Gender Equity. *Population and Development Review*, 2015, vol. 41, no. 3, pp. 381-407.
17. Billingsley S. The Post-Communist Fertility Puzzle. *Population Research and Policy Review*, 2010, vol. 29, no. 2, pp. 193-231.
18. Frejka T. The Fertility Transition Revisited: A Cohort Perspective. *Comparative Population Studies*, 2017, vol. 42, pp. 89-116.
19. Kohler H.-P., Billari F., Ortega J. The Emergence of Lowest-Low Fertility in Europe During the 1990s. *Population and Development Review*, 2002, vol. 28, no. 4, pp. 641-681.
20. Landry A. *La révolution démographique*. P., 1934.
21. Lesthaeghe R., Van de Kaa D. J. Twee demografische transitities? In: Van de Kaa D. J., Lesthaeghe R. (eds.). *Bevolking: groei en krimp*. Deventer, Van Loghum Slaterus, 1986.
22. Notestein F. W. Population - The Long View. In: Schultz T. W. (ed.). *Food for the World*. Chicago, 1945.
23. Reher D. S. Economic and Social Implications of the Demographic Transition // *Population and Development Review*, 2011, vol. 37, Demographic Transition and Its Consequences, pp. 11-33.

24. Van de Kaa D. J. Anchored Narratives: The Story and Findings of Half a Century of Research into Determinants of Fertility. *Population Studies*, 1996, vol. 50, no. 3, pp. 389-432.
25. Zeman K., Beaujouan E., Brzozowska Z., Sobotka T. Cohort Fertility Decline in Low Fertility Countries: Decomposition Using Parity Progression Ratios. *Demographic Research*, 2018, vol. 38, no. 25, pp. 651-690.