

УДК 51-77; 314.1

Лукина А. А.

Прогноз демографической ситуации в РФ с применением переменной матрицы Лесли

Рекомендовано к публикации профессором Прасоловым А. В.

1. Введение. В последнее время крайне актуальной проблемой является резкое снижение численности населения Российской Федерации, ожидаемое в ближайшие десятилетия. В работе строится прогноз численности собственного населения России (без учета миграции) до 2040 г. с применением метода передвижки по возрастам (когортно-компонентного метода). В анализе используются матрицы Лесли, в которые включены спрогнозированные с учетом современных тенденций возрастные коэффициенты рождаемости.

2. Методика прогнозирования численности и половозрастной структуры населения. Наиболее распространенным методом прогнозирования численности населения является метод передвижки по возрастам (когортно-компонентный метод). Суть метода состоит в следующем: численность мужчин и женщин в каждом возрасте на начало года умножается на соответствующий коэффициент дожития, являющийся вероятностью дожить до возраста $x + 1$ при условии уже состоявшегося дожития до возраста x . В результате получается численность населения возраста $x + 1$ на начало следующего года. Такой расчет может быть применен к численностям всех возрастных групп на начало следующего года, кроме группы детей до одного года.

Для расчета численности детей в возрасте до одного года среднегодовая численность женщин в каждом из репродуктивных возрастов умножается на соответствующий возрастной коэффициент рождаемости (в статистике чаще всего приводимый как количество детей, родившихся на тысячу женщин данного возраста), соответствующие произведения складываются по всем репродуктивным возрастам, и полученная общая численность распределяется на девочек и

Лукина Александра Андреевна – аспирант, Санкт-Петербургский государственный университет; магистрант, Европейский университет в Санкт-Петербурге; e-mail: alukina@eu.spb.ru, тел.: +7(812)428-71-59

мальчиков с использованием коэффициента, характеризующего долю девочек среди всех новорожденных.

Коэффициенты дожития находятся из таблиц смертности, которые можно найти в базе данных о смертности [1]. Там же приведена ежегодная половозрастная структура населения. Возрастные коэффициенты рождаемости приводятся в базе данных о показателях рождаемости [2].

В стандартной схеме метода передвижки по возрастам к каждой из численностей возрастных групп также прибавляется сальдо миграции, соответствующее данному возрасту. В предлагаемой работе миграция исключена из рассмотрения, так как основной акцент приходится на динамику численности именно собственного населения (к которому, очевидно, относятся и мигранты, ставшие гражданами России до начального момента времени рассмотрения).

Наглядно и удобно метод передвижки по возрастам представляется с помощью матрицы Лесли. Пусть $n^s(t) \in \mathbb{R}^{\omega+1}$ — вектор возрастного распределения женского ($s = f$) или мужского ($s = m$) населения, где ω — наибольший возможный возраст. Компонента n_x^s вектора n^s равна числу женщин (мужчин) возраста от x до $x + 1$ лет. Тогда вектор возрастного распределения, например, женского закрытого (без учета миграции) населения удовлетворяет уравнению $n^f(t+1) = L^f n^f(t)$, где L^f — матрица Лесли, имеющая следующий вид:

$$L^f = \begin{pmatrix} F_0^f & F_1^f & \dots & F_{\omega-1}^f & F_{\omega}^f \\ P_0^f & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & P_1^f & \dots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & P_{\omega-1}^f & 0 \end{pmatrix}.$$

Здесь $P_x^f = \frac{N_{x+1}^f}{N_x^f}$ — коэффициент дожития (передвижки), $F_x^f = \frac{\delta}{2}(m_x + P_x^f m_{x+1}) \frac{N_1^f}{l_0}$, где N_x^f — численность женщин возраста x в стационарном населении таблицы смертности, m_x — возрастной коэффициент рождаемости, δ — доля девочек среди новорожденных, l_0 — так называемый корень таблицы смертности (в стандартном случае 100 тыс. человек). Формула $F_x^f = \frac{\delta}{2}(m_x + P_x^f m_{x+1}) \frac{N_1^f}{l_0}$ имеет место при предположении о том, что все женщины, возраст которых на момент времени t составляет x лет, достигают возраста $x + 1$

в момент времени $t + \frac{1}{2}$, кроме того, все смерти, произошедшие в году t , произошли в момент времени $t + \frac{1}{2}$. Также очевидно, что часть элементов первой строки матрицы Лесли, соответствующих непродуктивным возрастам, равна нулю. Аналогичная процедура может быть реализована и для мужского населения. С подробностями применения метода передвижки по возрастам можно ознакомиться в учебном пособии [3].

3. Демографическая ситуация в РФ. В качестве начального года в данной работе выбран 2010 г. Население было разбито на пятилетние возрастные группы, начиная с группы 0–4 года и заканчивая группой 105–109 лет. Прогнозирование осуществляется с пятилетним шагом вплоть до 2040 г. При этом также используются возрастные коэффициенты рождаемости, рассчитанные на пятилетние возрастные группы (источник данных: федеральная служба государственной статистики [4]) и коэффициенты передвижки из одной пятилетней группы в другую (источник данных: [1]). В качестве источника данных относительно половозрастного распределения населения на 2010 г. был выбран демографический ежегодник [5].

Матрица Лесли в исследовании является переменной в том смысле, что в ней используются спрогнозированные вплоть до 2035 г. значения возрастных коэффициентов рождаемости, исходя из данных за 1990–2010 гг. Точнее, некоторые из коэффициентов первой строки матрицы Лесли оказываются зависящими от времени за счет коэффициентов рождаемости $m_x = m_x(t)$. Таким образом, $L^f = L^f(t)$.

Доля девочек среди новорожденных с 1990 г. по 2010 г. практически не менялась, поэтому в качестве соответствующего показателя было выбрано среднее за 20 лет значение, равное 0,485.

Коэффициенты передвижек из одной пятилетней возрастной группы в другую ведут себя крайне нестабильно в течение всего периода с 1990 г. по 2010 г., однако, разброс значений минимален (не более двух сотых), в силу чего можно ограничиться рассмотрением средних значений за период.

Динамика возрастных коэффициентов рождаемости является намного более интересной. Во-первых, поведение этих коэффициентов в течение 1990–2000 гг. кардинально отличается от их поведения в течение следующего десятилетнего периода. Во всех возрастных группах наличие структурного сдвига очевидно, поэтому прогнозирование следует осуществлять, опираясь на данные 2000–2010 г.

Во-вторых, данные подтверждают наблюдаемый на бытовом уровне процесс перемещения более высоких уровней рождаемости в старшие возрастные группы. Так, на рис. 1, 2 можно видеть резкое снижение возрастного коэффициента рождаемости (ВКР) для группы женщин в возрасте от 20 до 24 лет и, напротив, резкое повышение в группе от 35 до 39 лет, соответственно.

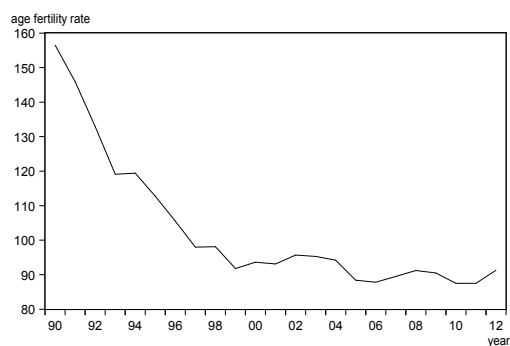


Рис. 1. Динамика ВКР в группе 20–24 года за 1990–2012 гг.

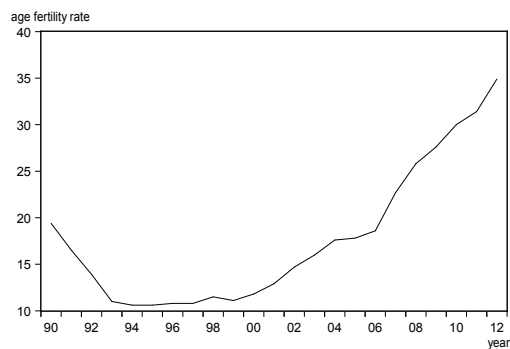


Рис. 2. Динамика ВКР в группе 35–39 лет за 1990–2012 гг.

Здесь очевидным образом возникает вопрос о том, когда же рост возрастных коэффициентов рождаемости для старших возрастных групп замедлится. Для ответа на этот вопрос были проанализированы данные по возрастным коэффициентам рождаемости для Герма-

нии, в которой такой структурный переход наметился крайне давно, а именно, приблизительно с середины 70-х гг. Текущие данные по Германии свидетельствуют о том, что возрастание коэффициентов рождаемости в старших группах продолжается и по сей день. Таким образом, данные соображения дают основания для выделения возрастающих трендов в динамике возрастных коэффициентов рождаемости для старших возрастных групп при их прогнозировании вплоть до 2035 г.

Возрастные коэффициенты рождаемости, соответствующие группам женщин от 15 до 19 и от 20 до 24 лет, после 2000 г. относительно стабилизировались. Поэтому будем считать их равными константам, а именно, средним за период с 2000 г. по 2010 г. (27,89 и 91,53 рождений на 1000 женщин этого возраста соответственно).

В динамике возрастных коэффициентов, соответствующих более старшим возрастным группам (25–29 лет, 30–34 года, 35–39 лет, 40–44 года), были выделены линейные по времени тренды, давшие неплохую «подгонку» данных (всюду значение статистики $R^2 \geq 0,9$). Спрогнозированные значения данных коэффициентов представлены в таблице 1.

Таблица 1. Прогноз возрастных коэффициентов рождаемости (ВКР)

Год	2015	2020	2025	2030	2035
ВКР 25-29	113,15	128,4	143,9	159,4	174,9
ВКР 30-34	82	98,4	114,8	131,2	147,6
ВКР 35-39	38,55	48,05	57,55	67,05	76,55
ВКР 40-44	7,66	9,66	11,66	13,66	15,66

Значения возрастного коэффициента рождаемости, соответствующего группе женщин от 45 до 49 лет, нестабильны, но уже практически пренебрежимо малы. Будем считать его равным среднему за период с 1990 г. по 2010 г. (0,14 рождений на 1000 женщин этого возраста).

В результате процесса прогнозирования были получены численности населения по всем выделенным 22 возрастным группам с разделением по полу. Укажем основные полученные в работе результаты. При выделенных положительных трендах в динамике возрастных коэффициентов рождаемости для большинства возрастных групп общая численность населения незначительно вырастет к 2015 г., а затем пойдет стремительное снижение вплоть до 133 млн. чел. к 2040 г. Численность трудоспособного населения (к которому отнесем в рамках нашего исследования население в возрасте от 15 до 60

лет) будет снижаться в течение всего наблюдаемого периода времени: показатель в 102,94 млн. чел. в 2010 г. упадет до 80,62 в 2040 г. Очевидной причиной наблюдаемого явления можно назвать крайне низкие уровни рождаемости в период 1990–2000 гг. Соответствующие численные данные приведены в таблице 2.

Таблица 2. Прогноз общей численности населения и численности населения трудоспособного возраста

Год	2015	2020	2025	2030	2035	2040
Общая числ. насел.	149,68	145,92	142,03	138,28	135,18	133,22
Числ. трудосп. насел.	101,4	94,8	88,94	85,19	83,24	80,62

4. Выводы. По результатам построенного прогноза общая численность собственного населения России упадет к 2040 г. до приблизительно 133 млн. чел. даже в предположении весьма существенного роста возрастных коэффициентов рождаемости в следующих группах: 25–29 лет, 30–34 года, 35–39 лет, 40–44 года. Численность трудоспособного населения (к которому мы относим население в возрасте от 15 до 60 лет) сократится еще более существенно, а именно, больше, чем на 20 млн. чел. (соответствующий показатель в 2010 г. составлял 102,9 млн. чел, прогнозное значение на 2040 г. — 80,6 млн. чел.).

Литература

1. The Human Mortality Database [Электронный ресурс]: URL:<http://www.mortality.org/> (дата обращения: 20.01.14).
2. The Human Fertility Database [Электронный ресурс]: URL:<http://www.humanfertility.org/cgi-bin/main.php> (дата обращения: 20.01.14).
3. Денисенко М. Б., Калмыкова Н. М. Демография: Учебное пособие. М.: ИНФРА-М, 2009. 432 с.
4. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]: URL:<http://www.gks.ru/> (дата обращения: 07.01.14).
5. Демографический ежегодник России 2013 [Электронный ресурс]: URL:http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1137674209312 (дата обращения: 07.01.14).