

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ И РЕГУЛИРОВАНИЯ РЕЖИМА ВОСПРОИЗВОДСТВА НАСЕЛЕНИЯ¹

Н. П. Тихомиров, Т. М. Тихомирова

Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова,
Москва, Россия

В статье рассмотрены варианты регулирования режима демографического воспроизводства как задачи оценки необходимых изменений в годовых уровнях повозрастной рождаемости и смертности, обеспечивающих прирост индикаторов этого процесса, характеризующий переход от депопуляции населения России к устойчивому росту его численности. Предложены индикаторы режима воспроизводства населения – предельный и стандартизированный темпы его роста, которые объективно отражают состояние этого процесса в каждом году. Рассмотрены методы оценки данных индикаторов на основе повозрастных коэффициентов естественного движения и получены аналитические выражения, связывающие значения этих показателей. Разработаны методы решения задач регулирования предельного темпа роста на основе методологии теории возмущений линейных операторов и стандартизированного темпа роста с использованием возможных вариантов стандартизированных структур населения. Оценены и сопоставлены между собой значения предельного и стандартизированного темпов роста населения России в отдельные годы XXI в., определены их различия. Выявлены основные показатели естественного движения населения – коэффициенты рождаемости женщин в возрасте 25–39 лет, наиболее подверженные регулированию и оказывающие существенное влияние на изменчивость индикаторов режима демографического воспроизводства. Оценены необходимые приросты этих коэффициентов, обеспечивающие переход индикаторов за единичный рубеж, разделяющий режимы депопуляции и расширенного воспроизводства населения. Объяснены различия в решениях этой задачи, полученных для рассмотренных в работе индикаторов.

Ключевые слова: депопуляция, индикатор режима воспроизводства, коэффициенты естественного движения, темп роста, структура населения.

ASSESSING AND REGULATING THE STATE OF POPULATION REPRODUCTION

Nikolay P. Tikhomirov, Tatiana M. Tikhomirova

Plekhanov Russian University of Economics,
Moscow, Russia

The article studies alternatives of regulating the state of demographic reproduction as a goal of assessing the necessary changes in annual levels of the age birth and death rates providing the growth in the process indicators that characterize the change from depopulation in Russia to sustainable rise in the country population. It provides indicators of the population reproduction state, i.e. the top and standardized rates of its growth, which show the objective state of the process in each year. Methods of these indicators' estimation were studied on the basis of age factors of natural movement and analytical expressions connecting these indicators' values were obtained. The authors elaborated methods aimed at regulation of the top growth rate based on methodology of the theory of linear operator disturbances and standardized growth rate by using possible variants of standardized population structures. They estimated and compared values of the top and standardized population growth rates in Russia in certain years of the 21st century and found their differences. The key indicators of the natural population movement, i. e. the factor of the birth rate of women at the age of 25–39 were shown as they are mainly subject to regulation and can influence volatility of indicators of the demographic reproduction state. The necessary growth in these factors was evaluated, which ensures the passing of these indicators over the single border that separates states of

¹ Статья подготовлена по результатам исследования, проведенного при финансовой поддержке РФФИ, проект № 20-010-00307.

depopulation and extended population reproduction. The article explains the differences in resolving this problem for indicators shown in the article.

Keywords: depopulation, indicator of the reproduction state, factor of natural movement, growth rate, population structure.

Введение

Одной из важнейших задач разработки и обоснования государственной и региональных стратегий перехода России и большинства ее регионов от затянувшейся депопуляции к устойчивому расширенному воспроизводству населения является оценка необходимых для этого позитивных изменений уровней повозрастных коэффициентов рождаемости (увеличения) и смертности (снижения). В научной литературе данная задача получила название «регулирование режима демографического воспроизводства» [2; 3]. Ее решение связывается с выявлением зависимостей между годовыми значениями показателей естественного движения и рассчитываемыми на их основе индикаторами интенсивности демографического воспроизводства, а также их приростами. Среди наиболее объективно и однозначно характеризующих состояние процесса воспроизводства населения (или режим воспроизводства) индикаторов в научной литературе выделяют нетто-коэффициент воспроизводства населения, предельный и стандартный темпы роста его численности [4; 6]. Их значения меньше единицы соответствуют сложившемуся в рассматриваемом году режиму депопуляции; равные единице, – режиму «стабильного» населения; превышающие единицу, – режиму расширенного воспроизводства («стационарного» населения).

В исследованиях режима воспроизводства населения обычно используются индикаторы – темпы роста, которые по сравнению с нетто-коэффициентом воспроизводства имеют более понятное содержание. При этом показатели стандартизированного и предельного темпов роста, полученные для одних и тех же лет на основе зафиксированных в эти годы значений коэффициентов естественного движения

населения, различаются между собой. Стандартизированные показатели обычно на 3–4% выше предельных, которые в таком случае можно считать более строгими индикаторами режима демографического воспроизводства в том смысле, что превышение ими единичного рубежа представляет более надежную гарантию выхода на режим расширенного воспроизводства.

Вместе с тем вопросы оценки необходимых приростов коэффициентов естественного движения, обеспечивающих этот выход по данным индикаторам, в научной литературе практически не рассматривались. Это может быть объяснено более сложными постановкой и методами решения этой задачи по сравнению с ее аналогами для индикаторов – стандартизированных темпов роста населения.

В данной статье рассмотрены методы решения задачи регулирования режима демографического воспроизводства с использованием в качестве его индикатора как предельного темпа роста, базирующегося на методологии теории возмущения линейных операторов, так и стандартизированного темпа роста, определенного на основе стандартизированной структуры населения, отражающей закономерности повозрастного распределения уровней его смертности.

Индикаторы режима демографического воспроизводства

Методы и процедуры оценки необходимых приростов коэффициентов естественного движения населения, обеспечивающих переход на режим его расширенного воспроизводства, для каждого из индикаторов режима имеют свои специфические особенности. Как было отмечено выше, наиболее просто данные приросты определяются для стандартизированного темпа роста, значение которого в каждом

году может быть оценено на основе следующего выражения:

$$СТР_t = 1 + СОКР(\bar{z}_t) - СОКС(\bar{z}_t), \quad (1)$$

где $СТР_t$ – значение индикатора стандартизованного темпа роста в году t ;

$СОКР(\bar{z}_t)$ – стандартизованный коэффициент рождаемости, значение которого рассчитывается на основе зафиксированных в рассматриваемом году возрастных коэффициентов рождаемости женщин фертильных возрастов и долей их численности в стандартизированной возрастной структуре $\bar{z}_t$ согласно следующему выражению:

$$СОКР(\bar{z}_t) = \sum_{i=m+1}^r b_{it} z_{i1}, \quad (2)$$

где b_{it} – значение коэффициента рождаемости в i -й возрастной группе женщин в году t ;

z_{i1} – стандартизованная доля i -й возрастной группы женщин в общей численности населения;

индексы $i = \overline{m+1, r}$ относятся к фертильным группам женщин;

$СОКС(\bar{z}_t)$ – стандартизованный коэффициент смертности, значение которого для года t рассчитывается согласно следующему выражению:

$$СОКС(\bar{z}_t) = \sum_{k=1}^2 \sum_{i=1}^M q_{ik} z_{ik}, \quad (3)$$

где q_{ik} – коэффициент смертности в группе населения i -го возраста и k -го пола ($k = 1$ – индекс женщин, $k = 2$ – индекс мужчин);

M – индекс последней возрастной группы.

Доли повозрастных групп z_{ik} в стандартизированной структуре должны удовлетворять следующему соотношению:

$$\sum_{k=1}^2 \sum_{i=1}^M z_{ik} = 1. \quad (4)$$

Эта структура может быть либо выбрана постоянной для всех лет, либо определяться для каждого года на основе зафик-

сированных в рассматриваемом году возрастных коэффициентов смертности мужчин и женщин.

Из выражений (1)–(3) непосредственно следует, что прирост $СТР$ за любой период может быть оценен на основе следующего выражения:

$$\Delta СТР_t = \sum_{i=m+1}^r \Delta b_{it} z_{i1} - \sum_{k=1}^2 \sum_{i=1}^M \Delta q_{ik} z_{ik}, \quad (5)$$

где Δb_{it} и Δq_{ik} – приросты возрастных коэффициентов рождаемости женщин и смертности женщин и мужчин различных возрастов в году t по сравнению с базовым годом соответственно.

Согласно выражению (5) при известном приросте $\Delta СТР$, обеспечивающем выход на режим расширенного демографического воспроизводства, т. е. удовлетворяющему соотношению

$$СТР = СТР_t + \Delta СТР_t > 1, \quad (6)$$

необходимые для этого приросты повозрастных коэффициентов рождаемости и смертности могут быть оценены с учетом весовых коэффициентов z_{ik} .

Решение данной задачи значительно осложняется при использовании в качестве индикатора режима демографического воспроизводства предельного темпа роста населения. Этот показатель характеризует темп роста населения некоторой территориальной системы, который установится в отдаленной перспективе при условии, что значения повозрастных коэффициентов естественного движения будут оставаться постоянными, а миграция – отсутствовать. Его значение для рассматриваемого года t на практике определяется как перронов корень, т. е. наибольшее собственное значение λ_1 матрицы параметров естественного движения, зависящей в соответствии со структурой только от коэффициентов смертности и рождаемости женщин моложе 50 лет, путем решения следующего уравнения [2; 3]:

$$\begin{aligned} |A - \lambda E| &= (\lambda^r - \sum_{i=m+1}^r \lambda^{r-1} b_i \sum_{j=1}^{i-1} p_j) = \lambda^r - \lambda^{r-m-1} b_{m+1} p_1 \cdot \dots \cdot p_m + \\ &+ \lambda^r - \lambda^{r-m-2} b_{m+2} p_1 \cdot \dots \cdot p_{m+1} + \dots + b_r p_1 \cdot \dots \cdot p_{r-1} = 0, \end{aligned} \quad (7)$$

где A – матрица повозрастных коэффициентов рождаемости девочек и дожития женщин моложе 50 лет в рассматриваемом году;

λ – собственное число матрицы A ;

E – единичная матрица;

b_j – коэффициент рождаемости девочек в j -й возрастной группе женщин;

$p_j = 1 - q_j$ – коэффициент дожития женщин j -й группы, значение которого определяется через соответствующий коэффициент смертности;

r – индекс последней возрастной группы женщин моложе 50 лет.

Уравнение (7) имеет r решений, для которых в общем случае выполняются следующие соотношения:

$$\lambda_1 > \lambda_2 \geq \lambda_3 \dots \geq \lambda_r. \quad (8)$$

Очевидно, что на основании уравнения (7) непосредственно невозможно оценить прироста коэффициентов рождаемости и дожития женщин моложе 50 лет, обеспечивающие пророст перронова корня $\Delta\lambda_1$, необходимый для достижения условия $\lambda_1 + \Delta\lambda_1 > 1$. Получим решение этой задачи с использованием методов теории возмущения линейных операторов [1], учитывая, что в качестве такого оператора в нашем случае выступает матрица A .

Согласно этой теории собственные значения матрицы A , как и соответствующие им собственные векторы, обладают свойством непрерывности при малых изменениях ее параметров (коэффициентов естественного движения). Это предположение для матрицы A и ее перронова корня можно представить в следующем виде:

$$\begin{aligned} A_1 &= A + \Delta A = A + \varepsilon R, \\ \mu_1 &= \lambda_1 + \Delta\lambda_1 = \lambda_1 + \varepsilon\delta, \\ \bar{w}^1 &= \bar{z}^1 + \Delta\bar{z}^1 = A + \varepsilon\bar{u}^1, \end{aligned} \quad (9)$$

где ε – достаточно малый параметр, определяющий порядок прироста;

R – матрица, определяющая масштабы прироста коэффициентов естественного движения;

μ_1 – перронов корень матрицы A_1 ;

δ – параметр, определяющий масштабы прироста предельного темпа роста;

$\bar{w}^1$ – собственный вектор матрицы $A + \Delta A$, соответствующий ее собственному значению μ_1 ;

$\bar{z}^1$ – собственный вектор матрицы A , соответствующий ее собственному значению λ_1 ;

$\bar{u}^1$ – вектор, определяющий порядок прироста $\Delta\bar{z}^1$.

С учетом соотношений между матрицами и собственными значениями и соответствующими им собственными векторами можно записать:

$$(A + \varepsilon R)(\bar{z}^1 + \varepsilon\bar{u}^1) = (\lambda_1 + \varepsilon\delta)(\bar{z}^1 + \varepsilon\bar{u}^1). \quad (10)$$

Приравнявая коэффициенты при одинаковых степенях параметра ε из выражения (10), получим:

$$\begin{aligned} A\bar{z}^1 &= \lambda_1\bar{z}^1, \\ A\bar{u}^1 + R\bar{z}^1 &= \lambda_1\bar{u}^1 + \delta\bar{z}^1. \end{aligned} \quad (11)$$

Первое уравнение в системе (11) является тождеством. Из второго уравнения следует:

$$(A - \lambda_1 E) \cdot \bar{u}^1 = (\delta E - R) \cdot \bar{z}^1. \quad (12)$$

Выражение (12) связывает приросты перронова корня δ матрицы $A + \Delta A$ и соответствующей ему структуры $\bar{u}^1$. Для уточнения взаимосвязей между этими характеристиками представим векторы $\bar{u}^1$ и $(\delta E - R) \cdot \bar{z}^1$ в виде линейных комбинаций r собственных векторов матрицы A :

$$\bar{u}^1 = \sum_{j=1}^r \alpha_j \bar{z}^j, \quad (13)$$

$$(\delta E - R) \cdot \bar{z}^1 = \sum_{j=1}^r \beta_j \bar{z}^j, \quad (14)$$

где $\bar{z}^j, j = \overline{1, r}$ – собственные векторы матрицы A , определенные на основе следующих уравнений:

$$A\bar{z}^j = \lambda_j \bar{z}^j \quad (15)$$

для собственных ее чисел λ_j , в свою очередь оцененных из выражения (7),

$$\alpha_j = (\bar{z}^j, \bar{u}^1); \quad \beta_j = (\bar{z}^j, (\delta E - R) \cdot \bar{z}^1). \quad (16)$$

Подставляя выражения (13) и (14) в (12), получим:

$$(A - \lambda_1 E) \sum_{j=1}^r \alpha_j \bar{z}^j = \sum_{j=1}^r \beta_j \bar{z}^j$$

$$\text{или} \quad \sum_{j=1}^r \alpha_j (\lambda_j - \lambda_1) \bar{z}^j = \sum_{j=1}^r \beta_j \bar{z}^j. \quad (17)$$

Равенство (17) будет иметь место, если коэффициент β_1 при собственном векторе $\bar{z}^1$ будет равен нулю. Коэффициент α_1 в таком случае может быть произвольным. Для определенности будем полагать, что и он равен нулю ($\alpha_1 = 0$). Для всех других коэффициентов α_j и β_j , $j = \overline{2, r}$, выполняется соотношение

$$\alpha_j = \beta_j (\lambda_j - \lambda_1). \quad (18)$$

Из условия $\beta_1 = 0$ непосредственно следует, что вектор $(\delta E - R) \cdot \bar{z}^1$ ортогонален собственному вектору $\bar{z}^1$, что определяет справедливость следующего условия:

$$(\bar{z}^1, (\delta E - R) \cdot \bar{z}^1) = 0. \quad (19)$$

Из выражения (19) следует, что

$$z_1^1 (\Delta b_{m+1} z_{m+1}^1 + \dots + \Delta b_r z_r^1) + z_2^1 \Delta p_1 z_1^1 + z_3^1 \Delta p_2 z_2^1 + \dots + z_r^1 \Delta p_{r-1} z_{r-1}^1 = \Delta \lambda_1 \cdot \sum_{j=1}^r (z_j^1)^2. \quad (22)$$

Учитывая, что вектор $\bar{z}^1$ является собственным вектором матрицы A , все его координаты, начиная со второй, могут быть определены на основе первой координаты следующим образом:

$$(z_1^1)^2 [\Delta b_{m+1} p_1 \dots \cdot p_m \lambda_1^{-m} + \dots + \Delta b_r p_1 \dots \cdot p_{r-1} \lambda_1^{-(r-1)} + p_1 \Delta p_1 \lambda_1^{-1} + p_1^2 p_2 \Delta p_2 \lambda_1^{-3} + \dots + (p_1 \dots \cdot p_{r-2})^2 p_{r-1} \Delta p_{r-1} \lambda_1^{-(2r-3)}] = \Delta \lambda_1 \sum_{j=1}^r (z_j^1)^2. \quad (24)$$

Заметим, что произведение $p_1 \cdot \dots \cdot p_{i-1}$ представляет собой вероятность перехода новорожденной девочки в возрастную группу i . Обозначим это произведение как P_i . Тогда для $i = \overline{2, r}$ коэффициент

$$\frac{(z_1^1)^2}{\sum_{j=1}^r (z_j^1)^2} [\sum_{i=m+1}^r \Delta b_i P_i \lambda_1^{-(i-1)} + \frac{1}{2} \sum_{i=2}^r \Delta p_{i-1} \frac{\partial P_i^2}{\partial p_{i-1}} \lambda_1^{-(2i-3)}] = \Delta \lambda_1. \quad (26)$$

Очевидно, что выражение (26), хотя в нем используются только коэффициенты естественного движения женщин моложе 50 лет, значительно превосходит по сложности выражение (5), связывающее приросты возрастных коэффициентов рождаемости всех детей и смертности мужчин и женщин всех возрастов с приростами стандартизирующего темпа роста.

$$\delta = (\bar{z}^1, R \bar{z}^1) / (\bar{z}^1, \bar{z}^1) = (\bar{z}^1, R \bar{z}^1) / \sum_{j=1}^r (z_j^1)^2. \quad (20)$$

где z_j^1 – j -я координата собственного вектора $\bar{z}^1$.

В дальнейшем координаты z_j^1 будем нормировать в соответствии со следующим соотношением: $\sum_{j=1}^r z_j^1 = 1$.

Учитывая, что $\varepsilon \delta = \Delta \lambda_1$, а $\varepsilon R = \Delta A$, на основании выражения (20) получим, что прирост перронова корня $\Delta \lambda_1$ и приросты элементов матрицы ΔA связаны следующим соотношением:

$$\mu_1 - \lambda_1 = \Delta \lambda_1 = (\bar{z}^1, \Delta A \bar{z}^1) / \sum_{j=1}^r (z_j^1)^2. \quad (21)$$

Условие (21) в развернутом виде может быть представлено в следующем виде:

$$z_j^1 = \lambda_1^{-(j-1)} p_1 \cdot \dots \cdot p_{j-1} z_1^1. \quad (23)$$

Подставляя выражение (23) в (22), получим:

$\Delta p_{i-1} (p_1 \cdot \dots \cdot p_{i-2})^2 p_{i-1}$ можно представить в следующем виде:

$$\Delta p_{i-1} (p_1 \cdot \dots \cdot p_{i-2})^2 p_{i-1} = \frac{1}{2} \frac{\partial P_i^2}{\partial p_{i-1}} \Delta p_{i-1}. \quad (25)$$

С учетом (25) выражение (24) можно записать следующим образом:

При значении λ_1 меньше единицы приблизительно имеет место следующее равенство: $\lambda_1 = p_1 \cdot \dots \cdot p_i$. Из него вытекает, во-первых, равенство единице всех коэффициентов при Δb_i и Δp_{i-1} , а во-вторых, равенство всех долей возрастных групп женщин моложе 50 лет (см. выражение (23)). С учетом этого выражение (26) значительно упрощается:

$$\frac{1}{r}[\sum_{i=m+1}^r \Delta b_i + \sum_{i=1}^{r-1} \Delta p_i] = \Delta \lambda_1. \quad (27)$$

Изменчивость режима воспроизводства населения России в XXI в.

Обоснованность рассмотренных методов регулирования режима воспроизводства населения может быть подтверждена или подвергнута сомнению проверкой соотношений (26) или (27) с использованием имеющейся за период 2000–2020 гг. официальной информации о значениях по возрастных коэффициентов рождаемости и смертности в пятилетних возрастных группах мужчин и женщин в отдельные годы рассматриваемого периода и рассчитанных на их основе годовых значений предельного и стандартизированного темпов роста. При этом в расчетах должны использоваться годовые абсолютные значения коэффициентов естественного движения по пятилетним возрастным группам населения России (0–4, 5–9 и т. д. лет), которые можно получить из соответствующих данных, выраженных в промилле, согласно следующим преобразованиям:

$$b_i = \frac{b_i(\text{‰}) \cdot 5}{1000}, \quad p_{ik} = 1 - \frac{q_{ik}(\text{‰}) \cdot 5}{1000}, \quad (28)$$

где b_i (‰) и q_{ik} (‰) – коэффициенты рождаемости и смертности в i -й пятилетней возрастной группе женщин и i -й возрастной группе населения k -го пола соответственно, зафиксированные в рассматриваемом году и выраженные в промилле.

Коэффициенты рождаемости девочек, используемые в оценках предельного темпа роста, определяются с учетом их доли среди новорожденных, равной 0,488, $b_{i1} = 0,488 \cdot b_i$.

Таким образом, полученные на основе выражений (1) и (7) показатели представляют собой оценки интенсивности процесса воспроизводства населения за пятилетний период времени – предельный и стандартизированные темпы роста соответственно.

Определенные сомнения в отношении решения задачи регулирования режима воспроизводства населения с использованием показателя предельного темпа роста

уже можно выдвинуть на основе содержания переменных выражения (23), определяющего оценки долей женщин z_i^1 , $i = \overline{1, 10}$, возрастных групп моложе 50 лет. Из этого выражения следует, что в зоне депопуляции, т. е. при $\lambda_1 < 1$, практически всегда выполняется соотношение $p_{i1} > \lambda_1$, $i = \overline{1, 10}$, из которого следует, что с увеличением возраста доли возрастных групп женщин только растут. Этот рост останавливается только при значениях λ_1 , превышающих уровни 0,98–0,99. С учетом этого для рассчитываемых по формуле (23) долей рассматриваемых групп имеет место следующий порядок $z_1^1 < z_2^1 < \dots < z_{10}^1$, который противоречит реальной ситуации. Заметим, что в зоне расширенного воспроизводства, т. е. при $\lambda_1 > 1$, данного противоречия не существует, поскольку согласно выражению (23) соотношения между этими долями меняются на противоположные.

Вместе с тем отмеченные противоречия не влияют на оценки предельного темпа роста. В самом деле за период 2000–2016 гг. прирост предельного темпа роста населения в России составил 0,07 (0,905 в 2000 г. и 0,975 в 2016 г.). За этот же период в абсолютном исчислении значения повозрастных коэффициентов рождаемости девочек женщинами в возрасте 25–29 лет увеличились на 0,11 (или на 22‰), в возрасте 30–34 лет – на 0,12 (или на 24‰), в возрасте 35–39 лет – на 0,07 (или на 14‰). В процентах эти приросты от их базовых уровней 2000 г. составили 75, 150 и 250% соответственно. В других женских возрастных группах коэффициенты рождаемости практически не изменились. Заметим, что за этот период снизилась и смертность женского населения, причем в некоторых возрастах на 30–50%. Однако это снижение не столь значительно повлияло на увеличение предельного темпа роста, поскольку соответствующие коэффициенты дожития выросли лишь на доли процента. В целом с использованием выражения (24) несложно показать, что повышение рождаемости женщин в возрасте 25–39 лет обеспечило

увеличение предельного темпа роста населения в рассматриваемом периоде на 0,55 пункта, или примерно на 80%.

С учетом представленных данных оценним приросты коэффициентов рождаемости девочек женщинами в возрастах 25–39 лет, которые могли бы обеспечить увеличение предельного темпа роста на 0,07 пункта в предположении, что значения других показателей естественного движения женщин моложе 50 лет сохранились на уровне 2000 г. С учетом соотношения (23) для $i = \overline{6,8}$ на основании выражения (24) получим, что суммарный прирост данных коэффициентов рождаемости должен был составить примерно 0,4 пункта, или примерно 140% от их суммарного базового значения 2000 г., оцениваемого в 0,28 пункта. Этот результат в целом соответствует приведенным выше данным официальной статистики, принимая во внимание поправку на неучтенные приросты коэффициентов дожития.

Полученные результаты в целом свидетельствуют о возможности использования выражений (24) и (26) в решении задачи регулирования режима воспроизводства населения с индикатором – предельным темпом роста, хотя к ним и следует относиться с определенной осторожностью, в том смысле что они должны подвергаться тщательной проверке.

С содержательной точки зрения более достоверными представляются результаты решения этой задачи на основе стандартизированного темпа роста (СТР). Его значения в 2000 и 2016 гг. в России составили 0,972 и 1,005 соответственно. С использованием выражения (5) показано, что 0,025 пункта из всего прироста этого показателя в 0,033 пункта, т. е. около 80%, было обусловлено увеличением коэффициентов рождаемости женщин в возрасте 25–39 лет, составившем 113%, или 0,612 пункта в абсолютном исчислении (примерно 110% по отношению к их суммарному базовому уровню 2000 г.). Остальные 0,008 пункта прироста СТР были обеспечены снижением коэффициен-

тов смертности мужского и женского населения. Величина этого снижения составила в возрастах до 30 лет и старше 40 лет 30–50% от их базовых уровней 2000 г. Этот результат в целом совпадает с аналогичными данными, полученными для предельного темпа роста.

При условии, что в 2020 г. значение предельного темпа роста составило 0,95, а стандартизированного темпа роста – 0,985, на основании выражений (5) и (24) были оценены значения приростов коэффициентов рождаемости (девочек и всех детей) женщинами в возрасте 25–39 лет, выводящих эти индикаторы на единичный рубеж. Для предельного темпа роста приросты коэффициентов рождаемости девочек в этих возрастах составили 0,16; 0,13 и 0,08 в абсолютном исчислении, или около 70% в среднем от их базовых уровней 2020 г. Для стандартизированного темпа роста увеличение суммарного коэффициента рождаемости всех детей в рассматриваемых возрастах женщин, которое должно вывести население России на режим расширенного воспроизводства, составило ~0,55 пункта, или 55% от его базового уровня 2020 г.

Приведенные данные, несмотря на некоторую условность, также свидетельствуют о более «строгом характере» предельного темпа роста как индикатора интенсивности процесса естественного движения по сравнению с его стандартизированным аналогом. В целом на основании представленных результатов можно сделать вывод, что выбор индикатора интенсивности воспроизводства населения играет важную роль при обосновании целевых установок в отношении определения состава показателей естественного движения и пропорций их изменения, которые должны обеспечить выход этого процесса на расширенный режим.

Заключение

Решение проблемы преодоления депопуляции населения в России и ее регионах предполагает необходимость оценки приростов повозрастных коэффициентов

рождаемости и смертности (дожития), обеспечивающих повышение темпов демографического воспроизводства до рубежей, характеризующих его расширенный режим. Получение такого решения связывается с формированием индикаторов, объективно отражающих интенсивность воспроизводства населения в каждом году и установление их зависимости от наблюдавшихся значений коэффициентов естественного движения. В качестве таких индикаторов в статье предложены предельный и стандартизированный темпы роста населения. Они различаются по своему содержанию и методам оценки. Предельный темп роста определяется на основе повозрастных коэффициентов рождаемости девочек и повозрастных коэффициентов смертности женщин моложе 50 лет как перронов корень матрицы, сформированной из этих параметров. Он характеризует темп роста населения в будущем при условии, что значения этих параметров не будут меняться.

Стандартизированный темп роста оценивается на основе коэффициентов естественного движения женщин и мужчин всех возрастов с использованием их стандартизированных возрастных структур, которые могут формироваться произвольно или оцениваться на основе повозрастных коэффициентов смертности.

Предельный темп роста более строго оценивает состояние воспроизводства населения, т. е. занижает уровень интенсивности этого процесса по сравнению со своим стандартизированным аналогом, в результате чего полученные на его основе условия перехода на расширенный режим этого процесса представляются более надежными. Вместе с тем при оценке стандартизированного темпа роста учитывает-

ся весь состав повозрастных коэффициентов естественного движения, что свидетельствует о его большей объективности. К тому же процедуры оценки этого индикатора и его взаимосвязей с повозрастными коэффициентами рождаемости и смертности более просты.

В противоположность этому при выявлении зависимостей предельного темпа роста от коэффициентов естественного движения женщин моложе 50 лет возникают существенные сложности из-за наличия трудно формализуемых взаимосвязей между этими параметрами.

В статье предложены методы оценки таких зависимостей, базирующиеся на использовании методологии теории возмущения линейных операторов. Обоснованность предложенных индикаторов и целесообразность их использования в решении задачи регулирования режима воспроизводства населения подтверждаются совпадением реальных и расчетных значений их приростов, полученных с учетом изменений коэффициентов естественного движения населения России за отдельные годы XXI в. Проведенные исследования также показывают, что приросты значений индикаторов режима воспроизводства населения страны в XXI в. примерно на 80% были обусловлены изменениями коэффициентов рождаемости женщин в возрасте 25–39 лет, которые оказались наиболее чувствительными к колебаниям условий жизнедеятельности в этот период по сравнению с другими коэффициентами естественного движения [5]. Для выхода на режим расширенного демографического воспроизводства в стране необходимо увеличить значения этих коэффициентов рождаемости примерно на 50% по сравнению с уровнями 2020 г.

Список литературы

1. Като Т. Теория возмущений линейных операторов / пер. с англ. Г. А. Воропаевой, А. М. Стёпина, И. А. Шишмарёва; под ред. В. П. Маслова. – М. : Мир, 1972.
2. Староверов О. В. Модели движения населения. – М. : Наука, 1979.
3. Тихомиров Н. П. Идентификация и управление режимом воспроизводства населения // Социологические исследования. – 2016. – № 6 (386). – С. 41–48.

4. Тихомиров Н. П., Тихомирова Т. М. Оценка и управление потенциалом воспроизводства населения России // Федерализм. – 2019. – № 3 (95). – С. 51–71.
5. Тихомирова Т. М., Тихомиров Н. П. Оценка результативности программы материнского капитала в регионах России // Федерализм. – 2020. – № 1 (97). – С. 5–26.
6. Jindrová A. et al. Dimensionality Reduction of Quality of Life Indicators // Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis. – 2013. – Vol. 60. – N 7. – P. 147–154.

References

1. Kato T. Teoriya vozmushcheniy lineynykh operatorov [Theory of Perturbations of Linear Operators], translated from English by G. A. Voropaeva, A. M. Stepin, I. A. Shishmarev; edited by V. P. Maslov. Moscow, Mir, 1972. (In Russ.).
2. Staroverov O. V. Modeli dvizheniya naseleniya [Models of Population Movement]. Moscow, Nauka, 1979. (In Russ.).
3. Tikhomirov N. P. Identifikatsiya i upravlenie rezhimom vosproizvodstva naseleniya [Identification and Management of the Population Reproduction Mode]. *Sotsiologicheskie issledovaniya* [Sociological Studies], 2016, No. 6 (386), pp. 41–48. (In Russ.).
4. Tikhomirov N. P., Tikhomirova T. M. Otsenka i upravlenie potentsialom vosproizvodstva naseleniya Rossii [Evaluation and Management of the Population Reproduction Potential of Russia]. *Federalizm*, 2019, No. 3 (95), pp. 51–71. (In Russ.).
5. Tikhomirova T. M., Tikhomirov N. P. Otsenka rezultativnosti programmy materinskogo kapitala v regionakh Rossii [Evaluation of the Effectiveness of the Maternal Capital Program in the Regions of Russia]. *Federalizm*, 2020, No. 1 (97), pp. 5–26. (In Russ.).
6. Jindrová A., Poláčková J. Dimensionality Reduction of Quality of Life Indicators. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 2013, Vol. 60, No. 7, pp. 147–154. (In Czech.)

Сведения об авторах

Николай Петрович Тихомиров

доктор экономических наук, профессор,
заслуженный деятель науки
Российской Федерации, профессор кафедры
математических методов в экономике
РЭУ им. Г. В. Плеханова.
Адрес: ФГБОУ ВО «Российский экономический
университет имени Г. В. Плеханова»,
117997, Москва, Стремянный пер., д. 36.
E-mail: kafedra_mme@mail.ru

Татьяна Михайловна Тихомирова

доктор экономических наук, профессор,
почетный работник высшего
профессионального образования Российской
Федерации, профессор кафедры
математических методов в экономике
РЭУ им. Г. В. Плеханова.
Адрес: ФГБОУ ВО «Российский экономический
университет имени Г. В. Плеханова», 117997,
Москва, Стремянный пер., д. 36.
E-mail: Tikhomirova.TM@rea.ru

Information about the authors

Nikolay P. Tikhomirov

Doctor of Economics, Professor,
Honored Scientist of the Russian Federation,
Professor of the Department for Mathematical
Methods in Economics of the PRUE.
Address: Plekhanov Russian University
of Economics, 36 Stremyanny Lane,
Moscow, 117997,
Russian Federation.
E-mail: kafedra_mme@mail.ru

Tatiana M. Tikhomirova

Doctor of Economics, Professor,
Honorary Worker of Higher Professional
Education of the Russian Federation,
Professor of the Department
for Mathematical Methods in Economics
of the PRUE.
Address: Plekhanov Russian University
of Economics, 36 Stremyanny Lane,
Moscow, 117997, Russian Federation.
E-mail: Tikhomirova.TM@rea.ru