

doi 10.17072/1994-9960-2017-4-575-591

УДК 331.5

ББК 65.24

JEL Code J210, C650

МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНОЙ ДИНАМИКИ УРОВНЯ ЗАНЯТОСТИ В РЕГИОНЕ (НА ПРИМЕРЕ РЕГИОНОВ ЮГА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОССИИ)

Михаил Юрьевич Хавинсон

ORCID ID: [0000-0002-6918-9708](https://orcid.org/0000-0002-6918-9708), Researcher ID: [P-9720-2017](https://orcid.org/P-9720-2017)

Электронный адрес: havinson@list.ru

Институт комплексного анализа региональных проблем Дальневосточного отделения
Российской академии наук

679016, Россия, Биробиджан, ул. Шолом-Алейхема, 4

Современные фундаментальные и прикладные задачи экономики всё более заметно приобретают междисциплинарный характер, что предполагает применение концепций и методов социологии, демографии, психологии, теории нелинейной динамики и даже физики. Одной из таких задач является решение проблемы дефицита трудовых ресурсов в регионах Дальнего Востока России. Для оценки и прогнозирования несоответствия запросов экономики и демографических тенденций в настоящем исследовании предлагается использовать показатель уровня занятости, определяемый как отношение численности занятого населения определенной возрастной группы (когорты) к численности населения этой возрастной группы. Анализ и прогнозирование уровня занятости могут быть сведены к построению экономико-математической модели динамики численности занятых и соответствующей демографической модели. В качестве таких моделей используются экономическая модель конкуренции разновозрастных специалистов и непрерывный аналог демографической модели Лефковича. Таким образом, впервые проведен сравнительный анализ уровня занятости для отдельных регионов Дальнего Востока с позиций нелинейной динамики. Моделирование изменения численности занятого населения и демографической динамики в регионах Дальнего Востока позволило сделать несколько значимых выводов. Занятость возрастной группы населения 30–49 лет активно развивающихся регионов Дальнего Востока – Хабаровского и Приморского краев – близка к насыщению, и, следовательно, ее увеличение может определяться только миграционным приростом. При этом выявлено заметное превышение прироста численности когорты 30–49 лет относительно прироста численности занятых этой возрастной группы, связанное с возможным увеличением миграционного притока на фоне активного создания имиджа территории как региона с особой социальной поддержкой населения и развивающейся экономикой. Такой эффект может возникнуть в Хабаровском и Приморском краях при активной и успешной реализации крупных инвестиционных проектов. При этом следствием данного эффекта может стать высокая безработица среди мигрантов. В целом из-за недостатка трудовых ресурсов также происходит более активное вовлечение в трудовую деятельность молодежи до 30 лет. Дальнейшие перспективы исследования могут быть связаны с применением более детализированных агент-ориентированных моделей, позволяющих описать стратегии поведения отдельных субъектов экономики и объединить их в однородные группы. Такое моделирование позволит детальнее изучить факторы мотивации населения и их влияние на общую динамику занятости.

Ключевые слова: уровень занятости, численность населения, численность занятых, экономико-математическое моделирование, прогнозирование, нелинейная динамика, Дальний Восток России, регион.

MODELING OF NONLINEAR DYNAMICS OF EMPLOYMENT RATE IN A REGION (IN THE CASE STUDY OF THE REGIONS OF THE SOUTH OF THE RUSSIAN FAR EAST)

Mikhail Yu. Khavinson

ORCID ID: [0000-0002-6918-9708](https://orcid.org/0000-0002-6918-9708), Researcher ID: [P-9720-2017](https://orcid.org/P-9720-2017)

E-mail: havinson@list.ru

Institute for Complex Analysis of Regional Problems Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences
4, Sholom-Aleikhem st., Birobidzhan, 679016, Russia

Modern fundamental and applied challenges of economics increasingly acquire an interdisciplinary nature that contains concepts and methods of sociology, demography, psychology, the theory of nonlinear dynamics and even physics. One of such problems is the shortage of labor resources in the regions of the Russian Far East. For estimation and prediction the discrepancy between the demands of the economy and demographic trends, the indicator of the level of employment is suggested to be applied. This index is defined as the ratio of the number of employed population of a certain age group (cohort) to the population of this age group. The analysis and forecasting of the employment rate can be reduced to the construction of an economic-mathematical model of the dynamics of the number of the employed and the corresponding demographic model. An econophysical model of competition between specialists of different ages and a continuous analogue of the demographic model of Lefkovich are used as these models. Thus, for the first time, a comparative analysis of the employment rate has been made for particular regions of the Far East from the view point of nonlinear dynamics. The modeling of the changes in the amount of the employed population and of the demographic dynamics in the regions of the Far East has made it possible to draw several important conclusions. The employment of the age group of the population of 30–49 years old of Khabarovsk and Primorsky Krai that are considered to be the actively developing regions of the Far East is close to saturation. Consequently, the increase in the number of the employed population of this age group can be determined only by migration growth. At the same time, a significant increase in the number of the cohorts of 30–49 years old has been registered relative to the increase in the number of the employed in this age group. It is related to a possible increase in migration inflows, as the region was suggested to become a region with special social support for the population and with a developing economy. Such effect may be observed in the Khabarovsk and Primorye Territories with the active and successful implementation of large investment projects. The effect may lead to high unemployment rate among migrants. In general, due to the lack of labor resources, young people under the age of 30 are actively involved in the labor activity. Further perspectives of the study may be related to the use of more detailed agent-oriented models, which will allow describing the behavior strategies of individual people and integrating them into homogeneous groups. Such modeling will allow to study in more details the motivation of the population and their influence on the general dynamics of employment.

Keywords: employment level, population size, number of employees, economic-mathematical modeling, forecasting, nonlinear dynamics, Russian Far East, region.

Введение

Исследователи современной экономической теории и практики постепенно приходят к пониманию, что необходимо применять междисциплинарный подход к исследованию экономических явлений и процессов. Так, В.М. Полтерович [1] и П.А. Минакир [2] в качестве альтернативы «чистой» экономике или социологии предлагают развивать общий социальный анализ. В настоящее время сформировались новые междисциплинарные направления научных исследований общества, такие как синергетика [3; 4], эконофизика [5–8], социодинамика [9], приложения теории нелинейной динамики

[10; 11] и др. Такие тенденции в современной науке исходят из практики, недвусмысленно демонстрирующей формирование проблем современного общества, для решения которых необходимы методологические подходы и инструментарий нескольких научных дисциплин. Примером такой проблемы является дефицит трудовых ресурсов в регионах Дальнего Востока России, вызванный несоответствием запросов экономики и демографических тенденций.

Междисциплинарные аспекты движения населения на Дальнем Востоке изучались П.А. Минакиром, О.М. Прокапало [12], С.Н. Мищук [13; 14], Е.Л. Мотрич [15], В.В. Сидоркиной [16], Т.М. Комаровой [17] и

др. [18–20]. Осмысление динамики народонаселения в Дальневосточном федеральном округе (далее – ДВФО) проведено исследователями в контексте периодизации этапов процесса освоения и заселения Дальнего Востока [21]. Основным формальным аналитическим аппаратом в этих исследованиях являлись эконометрические и статистические методы, индексные оценки [22; 23]. При этом указанные методы применимы для описания устойчивых (часто линейных) социально-экономических и демографических тенденций «внутри» соответствующего этапа анализируемого процесса. Переломы и переходные процессы с помощью такого формального аппарата выявить затруднительно, и для описания нелинейной динамики исследователи использовали качественный анализ, основанный на экспертных оценках. Экспертные оценки являются неотъемлемым компонентом исследования не всегда охватывают весь спектр возможных вариантов прогноза. Зачастую экспертное мнение и интуиция основаны на обобщении предыдущего опыта исследователя и не включают в себя варианты «уникальных» событий. Формальный математический аппарат позволяет расширить горизонт видения за счет «улавливания» не всегда заметных нарождающихся тенденций и переломов в исследуемой динамике, обнажая, по терминологии Дж. Форрестера, контринтуитивные особенности исследуемых процессов [24; 25]. Например, использование нелинейной модели взаимодействия занятых и китайских трудовых мигрантов с целью выявления степени их конкуренции и прогнозирования численности работников из Китая в Еврейской автономной области показало, что возможно снижение численности китайских рабочих вследствие некоторого ухудшения социально-экономической ситуации в области [26]. Этот вариант противоречил интуитивному представлению о постоянном и значительном «давлении» китайских трудовых мигрантов на рынок труда данного региона, тем не менее в среднесрочной перспективе реализовался именно этот контринтуитивный сценарий.

Учитывая, что в настоящее время в России значительное внимание уделяется развитию Дальнего Востока согласно сценарию интенсивного экономического роста, можно предположить, что социально-экономическая система ДВФО находится в окрестности точки бифуркации, в переломном периоде, завершение которого обозначится либо «скатыванием» в уже сложившиеся тенденции, либо принципиально новым вариантом динамики. Таким образом, комбинация нелинейного аппарата и традиционных эконометрических методов может выявить контринтуитивные особенности естественного и механического движения населения Дальнего Востока в контексте экономического развития.

Моделирование динамики численности занятых и численности населения

Для анализа (в том числе формального) пересечения экономической и демографической динамики Дальнего Востока необходимо выделить ряд соответствующих числовых показателей. Одним из таких комплексных показателей является уровень занятости, охватывающий как демографические тенденции в разрезе отдельных возрастных групп, так и тенденции развития экономической системы, формирующей и реализующей определенные потребности в занятом населении.

Уровень занятости i -й возрастной группы L_i рассчитывается по формуле:

$$L_i = x_i/p_i, \quad (1)$$

где x_i – численность занятых i -й возрастной группы (когорты) и p_i – численность i -й когорты [27].

Как видно из формулы (1), уровень занятости оценивает долю занятого населения возрастной группы в общей численности данной возрастной группы. Чем ближе этот показатель к единице, тем меньше резерв трудовых ресурсов и больше доля занятых определенного возраста.

Анализ и прогноз уровня занятости важен для планирования социально-экономического развития территории и, в частности, для оценки возможности вовлечения местного населения в реализацию инвести-

ционных проектов. В настоящей работе будет продемонстрирован подход, позволяющий обобщенно оценить и спрогнозировать уровень занятости в регионе на основе экономико-математического инструментария.

Анализ и прогноз уровня занятости может быть проведен при наличии соответствующих временных рядов численности занятого населения возрастной группы и общей численности населения этой возрастной группы (когорты), включающей также безработных и экономически неактивное население. В настоящем исследовании использованы официальные статистические данные о численности населения Федеральной службы государственной статистики¹. Как можно полагать, методология сбора данных и возможные погрешности в них значимо не искажают сложившихся тенденций динамики уровня занятости в ДВФО. Моделирование динамики численности когорт относится к области математической демографии и осуществляется с помощью хорошо проработанного инструментария, в той или иной степени основанного на методе возрастных передвижек [28; 29]. В основе этого метода лежит идея о естественном процессе перехода части населения из одной возрастной группы в другую через определенное время. Если рассматриваются пятилетние когорты, то, например, когорта 15–19 лет полностью перейдет в когорту 20–24 лет через пять лет, при этом учитывается смертность и миграция рассматриваемой возрастной группы. Прогнозирование движения населения на основе метода возрастных передвижек используется для прогноза численности населения статистическими органами РФ. Следует отметить, что модели на основе этого метода можно использовать только при условии сохранения сложившихся тенденций в динамике естественного (рождаемость и смертность) и механического прироста населения.

Вторым компонентом уровня занятости является численность занятых в возраст-

ной группе, и если демографические расчеты имеют определенную ясность и четкую методологию, то прогнозирование занятости является отдельной исследовательской задачей. Доля работников определенного возраста в общей численности когорты населения отнюдь не является постоянной, и ее «табличное» усреднение также будет некорректным (собственно этим и объясняется введение показателя уровня занятости). Такая сложность возникает из-за разнородности динамики экономических и демографических процессов. Хотя эти процессы тесно связаны с уровнем социально-экономического развития, численность работников формируется, исходя из потребностей общественного производства, в то время как движение населения в большей степени зависит от качества жизни (здравоохранения, состояния социальной сферы, уровня доходов и т.д.). Таким образом, анализ и прогнозирование уровня занятости могут быть сведены к комбинации модели динамики численности занятых и модели динамики численности населения.

Для описания динамики численности занятых по возрастным группам в настоящей работе использована модель взаимодействия разновозрастных занятых в экономике региона, разработанная на основе экономико-физического подхода. Особенностью данной модели является учет социальных взаимодействий (конкуренция, партнерство) между работниками разных возрастных групп в аспекте трудоустройства, что позволило более точно описать нелинейные колебания, наблюдающиеся во временных рядах данных о численности занятых в ряде регионов ДВФО [27].

Модель имеет следующий вид:

$$\begin{cases} dx_1 / dt = b_1 - (K_1 + \alpha_{12}x_2 + \alpha_{13}x_3)x_1 \\ dx_2 / dt = b_2 - (K_2 + \alpha_{21}x_1 + \alpha_{23}x_3)x_2, \\ dx_3 / dt = b_3 - (K_3 + \alpha_{31}x_1 + \alpha_{32}x_2)x_3 \end{cases} \quad (2)$$

где x_i – численность занятых i -й когорты, t – переменная времени, b_i – коэффициенты миграционных потоков i -й когорты, K_i – коэффициенты перетока численности занятых и экономически неактивного населения i -й когорты, смертности и перехода в следую-

¹ Регионы России. Социально-экономические показатели. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. URL: <http://www.gks.ru> (дата обращения: 15.03.2017).

щую возрастную группу i -й когорты, α_{ij} – коэффициенты влияния когорты i на когорту j ($i = 1, 2, 3, j = 1, 2, 3$). Рассматриваются занятые когорты 16–29 лет, 30–49 лет, 50 лет и старше. Обозначенные возрастные группы соответствуют трем категориям занятых: работникам с малым опытом работы, работникам со значительным опытом работы и занятым предпенсионного и пенсионного возраста.

Параметрическая идентификация модели проведена в среде MathCad методом наименьших квадратов (минимизировалась сумма квадратов отклонений фактических данных от соответствующих координат точек интегральных кривых), т.е. решалась оптимизационная задача вида

$$J(u) = \sum_{j=1}^N (x_1^*(t_j) - x_1(t_j, u))^2 + \sum_{j=1}^N (x_2^*(t_j) - x_2(t_j, u))^2 + \sum_{j=1}^N (x_3^*(t_j) - x_3(t_j, u))^2 \rightarrow \min_{u \in D} \quad (3)$$

где $u = (b_1, b_2, b_3, K_1, K_2, K_3, \alpha_{12}, \alpha_{13}, \alpha_{21}, \alpha_{23}, \alpha_{31}, \alpha_{32})^T$ – вектор искомых коэффициентов системы (2), $x_1(t_j, u)$, $x_2(t_j, u)$ и $x_3(t_j, u)$ – решение системы (2) в t_j момент времени, полученное адаптивным методом Рунге – Кутты, $x_1^*(t_j)$, $x_2^*(t_j)$ и $x_3^*(t_j)$ – фактические численности занятых когорты 16–29 лет, 30–49 лет, 50 лет и старше соответственно. Данные оценки коэффициентов являются точечными. Поскольку в рамках современного экономико-математического инструментария не разработаны статистические критерии значимости для параметров систем обыкновенных дифференциальных уравнений, для оценки качества описания статистических данных модельными расчетами будем ис-

пользовать показатель точности аппроксимации $A_{ср}$ (среднюю ошибку аппроксимации) и коэффициент корреляции r между статистическими и модельными временными рядами (он позволит оценить, насколько точно модель «улавливает» динамику временных рядов).

Как видно из рис. 1, общей тенденцией изменения численности занятого населения на Дальнем Востоке является уменьшение числа занятых когорты 16–49 лет и увеличение – когорты 50 лет и старше. Из этой динамики выбиваются наиболее развитые регионы ДВФО – Хабаровский и Приморские края, для которых в среднесрочной перспективе характерно увеличение численности специалистов в возрасте от 30 до 49 лет со стажем работы и численности занятых когорты 16–29 лет. Интересно, что в Амурской области при соответствии общим тенденциям сокращения числа занятых 30–49 лет наблюдается некоторое возможное увеличение численности занятых 16–29 лет. Описанные тенденции занятости связаны во многом с реализацией комплекса крупных инвестиционных проектов, которые позволяют привлечь работников с других регионов или по крайней мере задействовать региональный резерв трудовых ресурсов.

В Еврейской автономной области для занятых 16–49 лет заметны явные колебания, которые имеют компенсаторный характер и «тянутся» из глубокого кризиса 1990-х гг. Возможно, меры по улучшению экономической ситуации в области временно способствуют росту экономики и увеличению численности занятых (фаза подъема), но социально-экономическая система автономии устойчиво возвращается к показателям занятости конца 1990-х гг. (фаза спада).

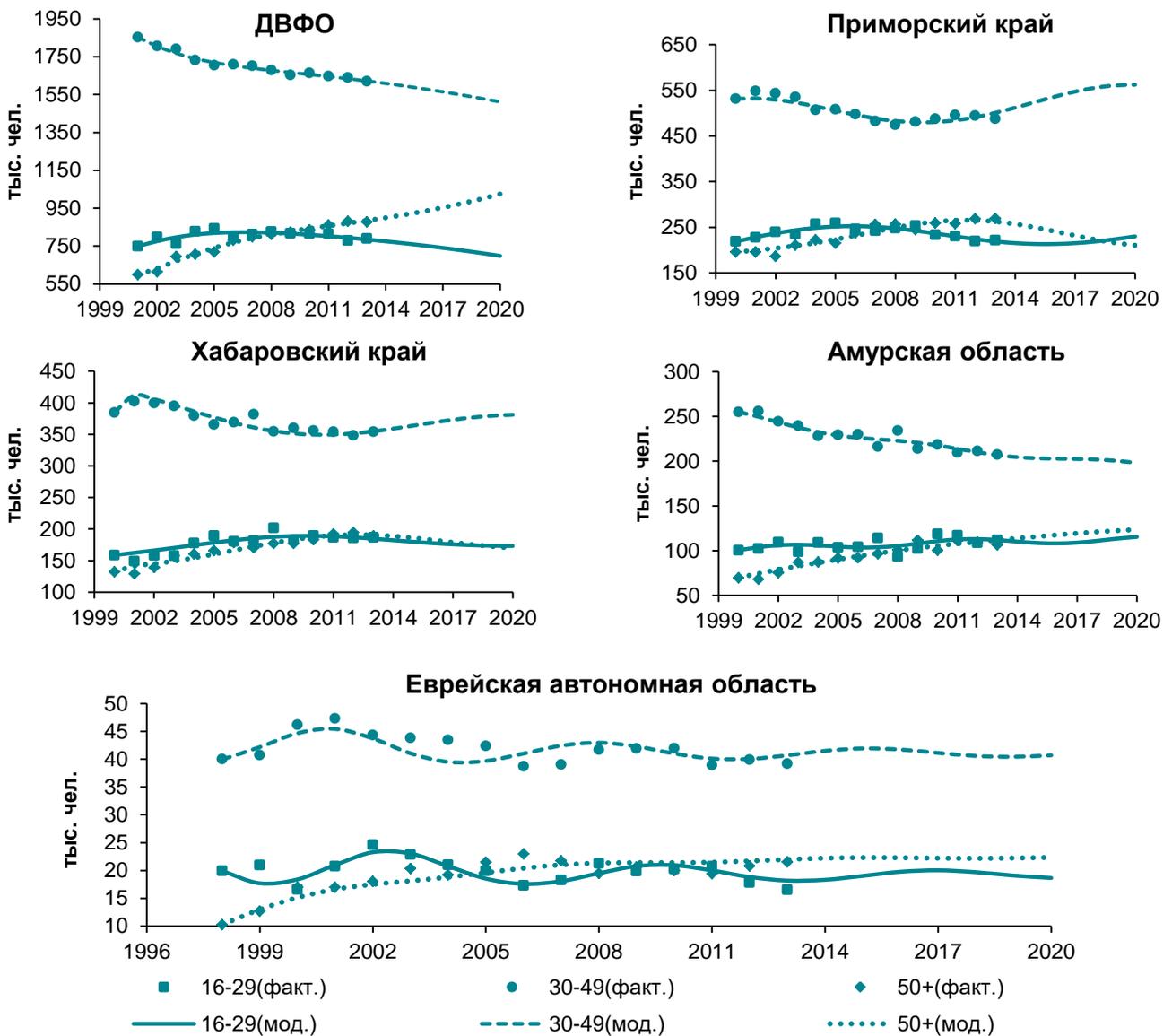


Рис. 1. Фактическая и модельная динамика численности занятого населения по возрастным группам в ДВФО и его отдельных регионах (источник [27])

Таким образом, в целом для ДВФО наблюдается сокращение численности занятых в возрасте до 49 лет и увеличение – в возрасте 50 лет и старше. Из этой тенденции выпадают наиболее развитые регионы ДВФО – Хабаровский и Приморский края, в которых происходит рост численности работников когорты до 49 лет и сокращение занятого населения в пенсионном возрасте.

Как уже было отмечено, для оценки уровня занятости, кроме численности занятых, требуются прогнозные значения численности населения. Для оценки демографических тенденций в разрезе возрастных групп воспользуемся непрерывным аналогом модели Лефковича [28]. Выбор именно этой

модели обусловлен удобством сопоставления расчетных данных численности занятых и численности населения ввиду единого математического аппарата (обыкновенных дифференциальных уравнений). Модель имеет следующий вид:

$$\begin{cases} dp_0 / dt = m_0 - d_0 p_0 - g_0 p_0 + r_1 p_1 + r_2 p_2 \\ dp_1 / dt = m_1 - d_1 p_1 + g_0 p_0 - g_1 p_1 \\ dp_2 / dt = m_2 - d_2 p_2 + g_1 p_1 - g_2 p_2 \\ dp_3 / dt = m_3 - d_3 p_3 + g_2 p_2 \end{cases}, (4)$$

где p_0 – численность когорты 0–15 лет, p_1 – 16–29 лет, p_2 – 30–49 лет, p_3 – 50 лет и старше, m_j – коэффициент миграционного сальдо, d_j – коэффициент смертности, g_j – коэффициент перехода j -й когорты в следующую

возрастную группу ($j=1, 2, 3, 4$), r_1 – коэффициент рождаемости когорты 16–29 лет, r_2 – коэффициент рождаемости когорты 30–49 лет. Параметрическая идентификация данной модели проведена тем же методом, что и для модели (2).

Анализ и прогноз демографических тенденций в регионах юга Дальнего Востока выявляет ряд характерных особенностей (рис. 2). Во-первых, это увеличение численности когорты 0–15 лет за счет приня-

тых Правительством РФ мер стимулирования рождаемости и увеличения числа новорожденных. Во-вторых, снижение численности населения возрастной группы 16–49 лет – основной составляющей занятого населения, обусловленное миграционным оттоком из ДВФО. В-третьих, повышение численности населения 50 лет и старше. Как видно, в целом для Дальнего Востока характерно старение населения с некоторой компенсацией рождаемостью.

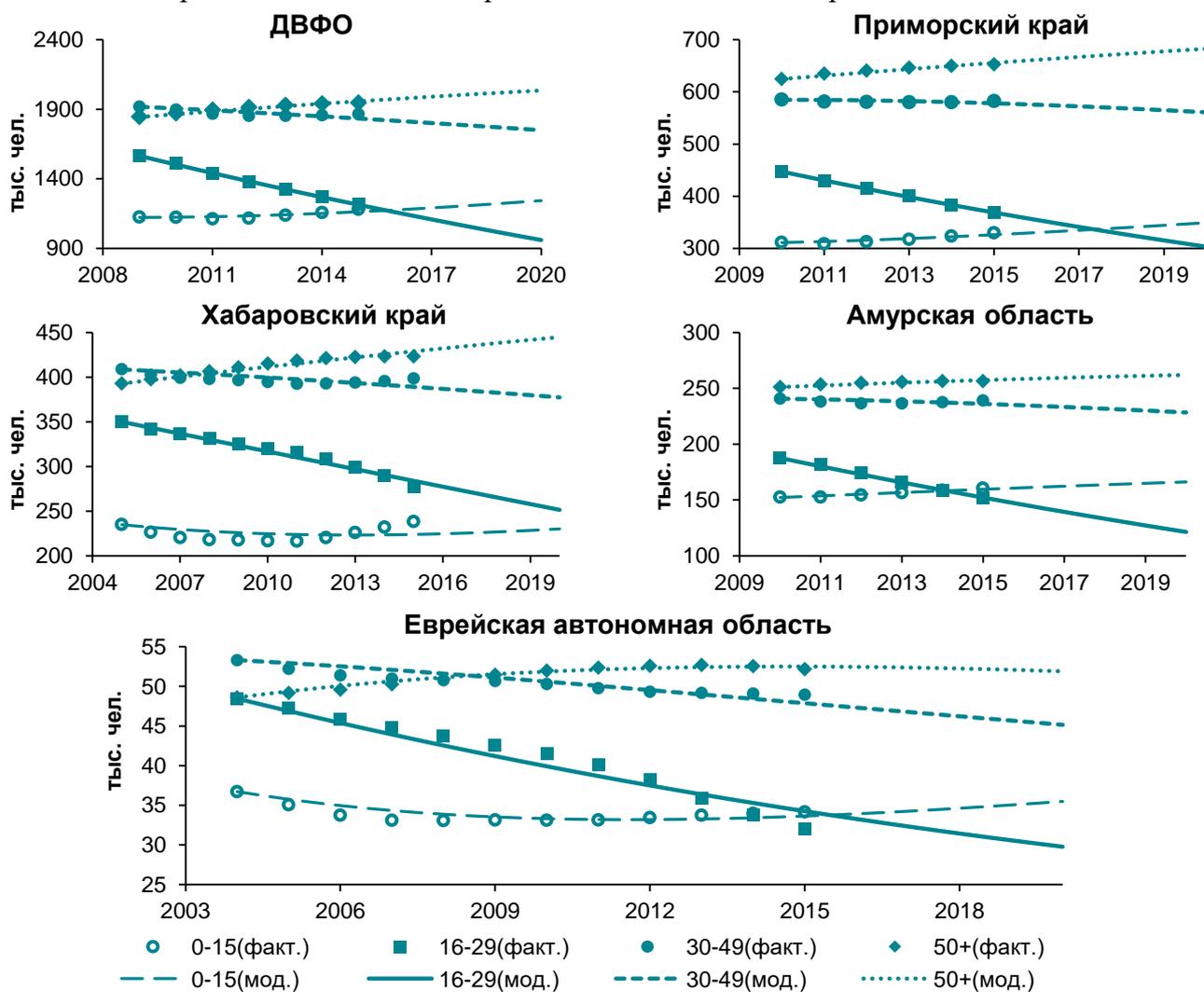


Рис. 2. Фактическая и модельная динамика численности населения в ДВФО и его отдельных регионах

Также весьма интересен анализ коэффициентов модели (табл. 1). Согласно классической модели Лефковича, ее коэффициенты должны быть положительными, но из табл. 1 видно, что это условие не всегда выполняется. Важно отметить, что в демографической модели параметры больше нуля в случае, если миграция линейна и

хорошо описывается свободным членом. В данном случае это не так, и, исходя из полученных оценок, миграция является функцией, зависящей от переменных модели. В результате наложения функций параметры могут менять знаки, что также оказывается достаточно информативным для анализа.

Таблица 1

Параметры демографической модели

Параметр	ДВФО	Хабаровский край	Приморский край	Амурская область	Еврейская автономная область
m_0	18,825	13,946	3,395	0,929	3,423
d_0	0,024	0,044	0,027	0,049	0,047
g_0	-0,011	0,004	0,002	-0,002	0,011
r_1	-0,043	-0,060	-0,038	-0,014	-0,097
r_2	0,033	0,037	0,042	0,043	0,044
m_1	-7,106	-6,809	-2,011	-2,044	0,108
d_1	0,009	-0,014	-0,0004	0,002	-0,005
g_1	0,020	0,017	0,036	0,027	0,049
m_2	31,528	3,388	4,789	4,560	2,065
d_2	0,014	0,011	0,009	0,012	-0,002
g_2	0,024	0,015	0,027	0,030	0,091
m_3	-0,781	0,184	0,755	0,343	0,374
d_3	0,014	0,007	0,016	0,025	0,090

В частности, параметр g_0 для ДВФО и Амурской области отрицателен, положительное значение этого параметра означает скорость перехода когорты 0–15 лет в следующую возрастную группу. Отрицательное значение параметра указывает на то, что пополнение когорты зависит от численности самой когорты и значительно зависит от проводимой политики стимулирования рождаемости вторых и последующих детей (из табл. 1 видно, что это наблюдается в целом для ДВФО и в частности для Амурской области). Смена знака характерна и для параметра r_1 , означающего скорость пополнения (рождаемость) новорожденными когорты 0–15 лет возрастной группой 16–29 лет. Отрицательное значение этого коэффициента в контексте общей демографической ситуации означает, что миграция населения в возрасте 16–29 лет осуществляется вместе с детьми. Это характерно для ДВФО в целом и для всех рассматриваемых регионов юга Дальнего Востока. При этом коэффициент r_2 положителен для всех регионов, что указывает на меньшую, чем для когорты 16–29 лет, миграционную активность населения в возрасте 30–49 лет с детьми. Смена знаков также наблюдается для параметров d_1 (Хабаровский и Приморский края, Еврейская автономная область) и d_2 (Еврейская авто-

номная область). Эти параметры указывают на то, как влияет численность когорт на ее прирост. В традиционном понимании эта зависимость соответствует уровню смертности как приблизительно постоянной доле умерших в численности населения определенной возрастной группы. Смена знаков означает, что прирост численности когорты прямо пропорционально зависит от численности самой когорты. Такой модельный «артефакт» указывает на то, что миграционные процессы в этих возрастных группах, возможно, зависят от социальных связей, которые способствуют распространению информации среди ровесников, в том числе из других регионов, и формируют положительный имидж территории. Таким образом, мигранты определенного возраста способствуют дополнительному притоку мигрантов своей возрастной группы.

Отметим, что, несмотря на высокую точность аппроксимации модели (среднее отклонение фактических данных от расчетных (средняя ошибка аппроксимации $A_{ср}$) составило не более 3,2% при допустимых 10%), для некоторых данных получены незначимые коэффициенты корреляции между фактическими и расчетными данными (в табл. 2 они выделены жирным шрифтом).

Показатели качества соответствия статистических и модельных данных о динамике численности населения в ДВФО и его отдельных регионах по возрастным группам

Когорта	ДВФО		Хабаровский край		Приморский край		Амурская область		Еврейская автономная область	
	Аср, %	r	Аср, %	r	Аср, %	r	Аср, %	r	Аср, %	r
0–15	0,8	0,929	3,2	0,220	0,8	0,961	0,4	0,982	1,6	0,834
16–29	0,1	0,999	0,9	0,989	0,3	0,999	0,3	0,999	2,6	0,980
30–49	0,9	0,760	1,1	0,660	0,4	0,251	0,7	0,179	1,1	0,950
50+	0,3	0,985	0,5	0,974	0,3	0,979	0,2	0,952	0,4	0,987

Из полученных показателей, оценивающих качество приближения модели к статистическим данным, видно, что примененная демографическая модель плохо улавливает динамику численности занятых в возрасте 30–49 лет во всех регионах, за исключением Еврейской автономной области, а также динамику численности когорты 0–15 лет в Хабаровском крае. Если обратить внимание на рис. 2, то можно заметить, что для обозначенных возрастных групп «естественная» демографическая динамика, которую и улавливает модель, должна быть с отрицательным приростом численности населения, в то время как фактически прирост положителен. Такой демографический «артефакт» объясняется существенным миграционным приростом для этих групп населения, а в случае когорты 0–15 лет – как изменением тенденций рождаемости, так и, вероятно, миграционной составляющей. Эти отклонения от демографического тренда носят экономический характер. Так, миграционный приток связан со спросом на работников, необходимых для реализации крупных инвестиционных проектов в рассматриваемых регионах. Прирост численности новорожденных во многом связан с политикой стимулирования рождаемости, в частности введением выплат материнского капитала. Отклонения от демографических тенденций не позволят в итоге получить корректный прогноз уровня занятости, поэтому необходимо найти другие модели, позволяющие более точно аппроксимировать динамику временных рядов, не описанную моделью Лефковича. Следует отметить, что демографические тенденции в указанных регионах изменились в период с 2011 по 2013 гг., следовательно, для модели-

рования этих тенденций есть только несколько точек временных рядов, что недостаточно для полноценного прогноза. Определить с большой достоверностью прогнозные значения точными методами не представляется возможным. В данном случае можно предположить, что в настоящий момент формируется некоторая новая устойчивая динамика с теми допущениями, что различные экономические и политические явления могут непредсказуемо ее изменять. Такой инерционный прогноз можно сделать, применяя линейные тренды, экспоненциальные и логистические кривые.

Дополнительная оценка отдельных демографических тенденций и моделирование динамики уровня занятости

В ряде случаев, чтобы обобщенно описать экономическую и демографическую динамику, адекватны линейные тренды и логистические кривые. Используем данные модели, чтобы более точно описать тенденции динамики численности когорт, для которых получены статистически не значимые коэффициенты корреляции (отмечены жирным шрифтом в табл. 2). Параметры зависимостей и их статистические оценки приведены в табл. 3. Следует подчеркнуть, что описанные демографические тенденции являются «нарождающимися», т.е. не сформированными в устойчивые тренды, поддающиеся классическому корреляционному и регрессионному анализу. Полученные значения средних ошибок аппроксимации и коэффициентов корреляции в табл. 3 указывают лишь на функциональные зависимости, наилучшим образом аппроксимирующие имеющиеся ряды данных.

Таблица 3

Параметры уравнений и оценки качества аппроксимации моделей динамики численности отдельных возрастных групп населения в ДВФО и его отдельных регионах

Регион	Уравнение	Параметр 1	Параметр 2	Асп, %	r	r _{крит} (α=0,05/0,01)
ДВФО	$y = mx+k$	4,1898	-6581,24	0,11	0,9214	0,9500/0,9900
	$dx/dt = b-ax$	-1955,579	-1,057	0,01	0,9987	
	$dx/dt = rx-sx^2$	-0,944804	-0,000511	0,01	0,9987	
Хабаровский край (0–15 лет)	$y = mx+k$	5,16723	-10180,7	0,21	0,9719	0,8783/0,9587
	$dx/dt = b-ax$	-25,95	-0,139	0,072	0,9997	
	$dx/dt = rx-sx^2$	0,154	0,0005813	0,48	0,9896	
Хабаровский край (30–49 лет)	$y = mx+k$	1,45905	-2542,56	0,17	0,9444	0,8783/0,9587
	$dx/dt = b-ax$	-245,373	-0,626	0,006	0,9999	
	$dx/dt = rx-sx^2$	-0,618	-0,001577	0,006	0,9999	
Приморский край (30–49 лет)	$y = mx+k$	0,18075	216,8046	0,11	0,3391	0,9500/0,9900
	$dx/dt = b-ax$	-0,001169	-2,014	0,037	0,9751	
	$dx/dt = rx-sx^2$	-1,984	-0,003419	0,038	0,9747	
Амурская область (30–49 лет)	$y = mx+k$	0,965	-1705,72	0,46	0,9229	0,9500/0,9900
	$dx/dt = b-ax$	-231,06	-0,978	0,06	0,9864	
	$dx/dt = rx-sx^2$	-0,969	-0,004105	0,06	0,9863	

Из рис. 3 видно, что для возрастной группы 30–49 лет происходит увеличение численности населения по экспоненциальному тренду. Этот рост явно имеет недемо-

графический характер и сигнализирует о смене режима динамики, характерного для нелинейных систем [30].

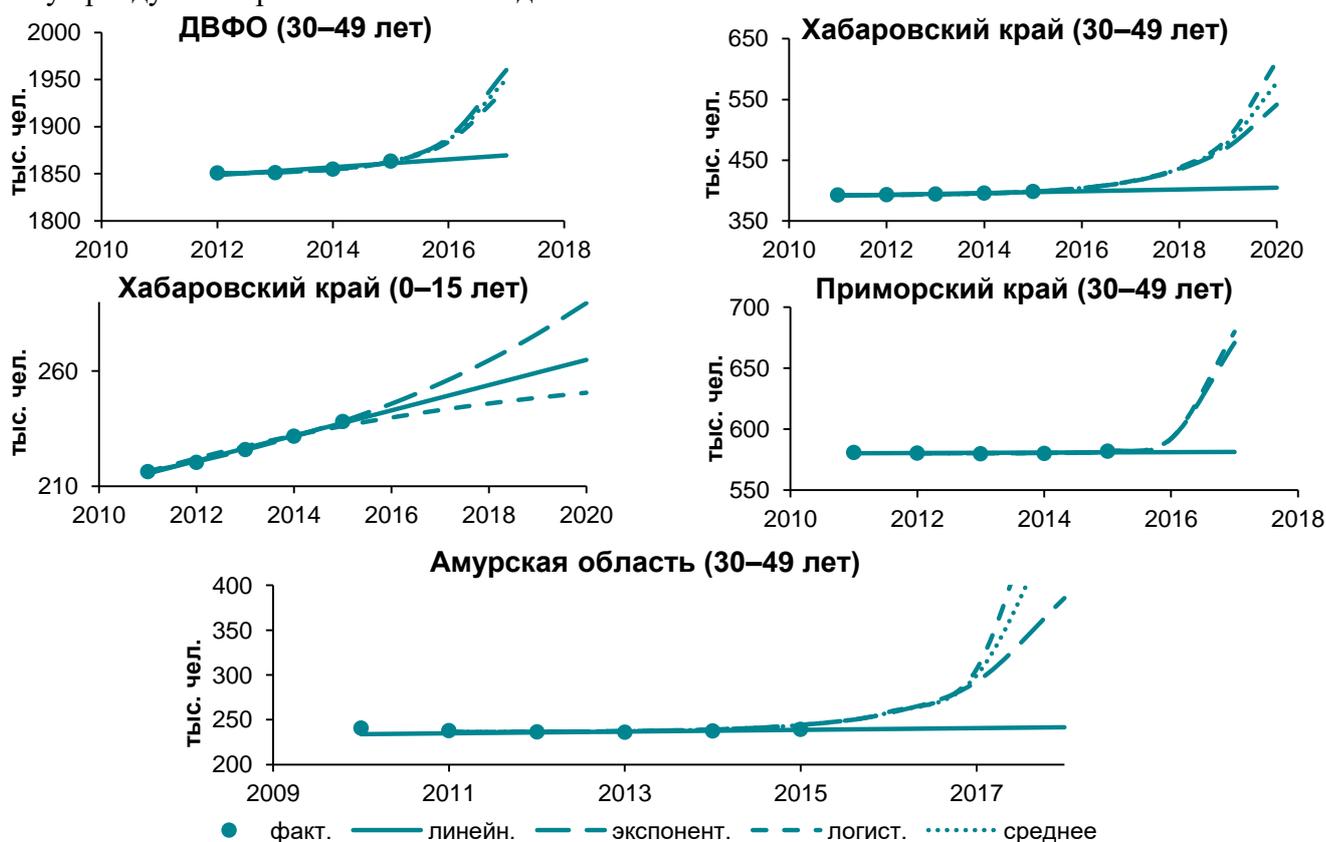


Рис. 3. Фактическая и модельная динамика численности населения отдельных возрастных групп в ДВФО и его отдельных регионах

По всей видимости, привлекательность Хабаровского и Приморского краев

способствует миграции работников со стажем работы. Как уже было отмечено, полу-

чив модельные данные о численности когорты, численности занятых этой когорты, возможно рассчитать уровень занятости (рис. 4). Сочетания моделирования численности занятых и численности возрастных групп обнаруживают достаточно интересный эффект, который можно было бы назвать «имиджевым пузырем» – активным созданием имиджа территории как региона с особой социальной поддержкой населения (дальневосточный гектар, территории опережающего развития с налоговыми льготами, дальневосточные коэффициенты и надбавки к заработной плате) и развивающейся экономикой. Интенсивное развитие отдельных регионов Дальнего Востока, значительные объемы инвестиций формируют положительный «информационный образ» территории, в первую очередь среди граждан СНГ. Это «идеальное» представление стимулируется средствами массовой информации и поддерживается федеральными и региональными органами власти. Демографические тенденции, которые не вписываются в «естественные» процессы изменения народонаселения, уже служат индикатором несоответствия скоро-

сти роста новых рабочих мест и скорости миграции.

В итоге намечается эффект мальтузианской ловушки, при котором рост населения опережает рост ресурсов для обеспечения населения [31], в данном случае рабочих мест. На рис. 4 для ДВФО это выражается резким сокращением уровня занятости. В аспекте международной миграции это может выражаться в виде неконтролируемой и нелегальной миграции. При этом вряд ли можно утверждать, что такое следствие положительного имиджа Дальнего Востока является обязательным из-за высоких транспортных издержек и удаленности ДВФО от стран и регионов-доноров, в частности стран СНГ и регионов России других федеральных округов. Если изменение численности населения 30–49 лет будет происходить по «естественному» сценарию, т.е. без интенсивного миграционного потока (отмечено тонкой сплошной линией на рис. 4 для ДВФО), то можно ожидать некоторое уменьшение уровня занятости, вероятно, из-за ухудшения экономической ситуации в целом.

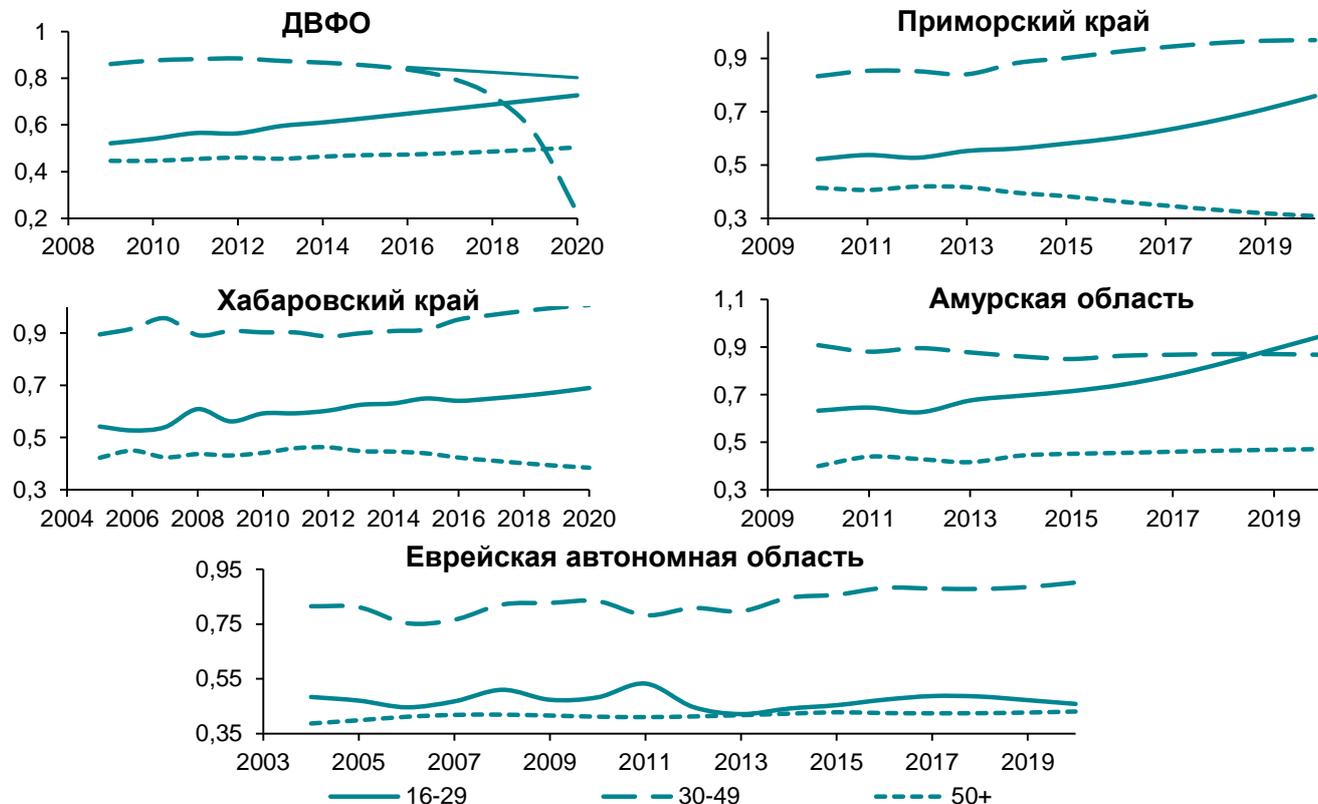


Рис. 4. Фактическая (до 2015 г.) и расчетная (2016–2020 гг.) динамика уровня занятости в ДВФО и его отдельных регионах

Для Хабаровского и Приморского краев, ввиду реализации комплекса крупных инвестиционных проектов и сокращения численности возрастной группы 30–49 лет, будет характерно исчерпание трудовых ресурсов этой когорты, активизация трудовых резервов когорты до 29 лет и сокращение уровня занятости населения 50 лет и старше (рис. 4). Следует также отметить, что для этих регионов наблюдается тенденция к замещению занятых предпенсионного и пенсионного возраста работниками младше 50 лет. Этот процесс требует дальнейшего изучения и оценки, поскольку будет иметь социальные последствия. В Амурской области будет наблюдаться стабилизация уровня занятости населения в возрасте 30 лет и старше, повышение уровня занятости населения 16–29 лет, вероятно, из-за менее активного экономического роста относительно Хабаровского и Приморского краев. В Еврейской автономной области произойдет фактически исчерпание ресурса занятости когорты 30–49 лет и снижение занятости молодежи 16–29 лет, возможно, из-за низкого дохода работников без стажа (или с небольшим стажем) работы.

Таким образом, в наиболее развитых регионах Дальнего Востока наблюдается исчерпание трудовых ресурсов возрастной группы 30–49 лет и активное вовлечение в трудовую деятельность молодежи.

Сопоставление изменения численности занятого населения и демографической динамики позволяет сделать несколько качественных выводов. Во-первых, занятость возрастной группы населения 30–49 лет активно развивающихся регионов Дальнего Востока – Хабаровского и Приморского краев – близка к насыщению, и, следовательно, увеличение численности занятого населения этой возрастной группы будет определяться миграционным приростом. Во-вторых, в целом происходит (и является необходимым условием компенсации недостатка работников) более активное вовлечение в трудовую деятельность молодежи до 30 лет. В-третьих, уровень занятости когорты 30–49 лет находится в окрестности точки бифуркации, связанной с возможным увеличением миграционного притока, спровоци-

рованного «имиджевым пузырем». Такой эффект может возникнуть в Хабаровском и Приморском краях при активной и успешной реализации крупных инвестиционных проектов, его следствием может стать высокая безработица среди мигрантов.

Заключение

Современная геополитическая и экономическая ситуация характеризуется неустойчивостью. Мир-система сталкивается с беспрецедентными явлениями такими как неожиданные глобальные финансовые кризисы, реализация широкомасштабных международных инициатив (например, международный проект Китая – «один пояс – один путь»), развитие сетевого общества. Новые явления требуют проведения соответствующих научных исследований, в комплексе учитывающих особенности развития различных территорий. С этих позиций изучение социально-экономической и демографической динамики Дальнего Востока как уникальной территориально-хозяйственной системы в перспективе может дать не только прикладные, но и важные теоретические результаты. Разреженность территории ДВФО делает весьма значимыми различные социальные эффекты распространения информации и самоорганизации среди населения, которые могут заметно повлиять на экономические и демографические прогнозы. Нелинейность освоения различных социально-экономических ниш, краевые пространственные эффекты, балансирование на границах устойчивости и многие другие явления, весьма характерные для Дальнего Востока, могут не так явно, но значимо проявляться на других территориях России. Есть устоявшееся мнение, что Дальний Восток – это сырьевой придаток, что миграционный отток больше, чем приток, что значительные транспортные издержки будут определять долгосрочные тренды «затухания» экономики ДВФО. Сейчас предпринимаются активные попытки вывести ДВФО на новый уровень экономического развития, и они тоже могут оказаться успешными. Но и в том, и в другом случае мы будем иметь дело с нелинейными процессами, и есть опасность, что, восприняв нелинейность как шум или при-

стройку к балансовым линейным представлениям, мы существенно недооценим риски либо упустим новые возможности развития регионов Дальнего Востока. В этом смысле показательными являются исследования С.П. Курдюмова и его учеников. Экспериментально ими была показана коэволюция сложных многомерных структур, растущих в режиме с обострением, т.е. эволюции, при которой одна или несколько наблюдаемых величин обращается в бесконечность за конечный промежуток времени [30]. Считалось очевидным, что таких режимов в природе быть не может, но оказалось, что существуют физические процессы, которые, проходя путь к бесконечности, демонстрируют новые эффекты [32]. Таким образом, заклеив очевидностью социально-экономические и демографические процессы, мы рискуем потерять качественно новое видение развития Дальнего Востока. И чем сложнее становится мир, неустойчивее геополитическая и экономическая ситуация, тем больше возрастает цена ошибок за упрощения. В относительно простых примерах прогнозирования занятости можно увидеть явное «проглядывание» нелинейности. Вполне разумно полагать, что такие эффекты указывают на принципиальную нелинейность системы и их стоит рассматривать как индикатор наличия других, прямо или косвенно связанных, эффектов.

Моделирование изменения численности занятого населения и демографической динамики в регионах Дальнего Востока позволило сделать несколько значимых выводов. Занятость возрастной группы населения 30–49 лет активно развивающихся регионов Дальнего Востока – Хабаровского и Приморского краев – близка к насыщению, и, следовательно, ее увеличение может определяться только миграционным приростом. При этом выявлено заметное превышение прироста численности когорты 30–49 лет относительно прироста численности за-

нятых этой возрастной группы, связанное с возможным увеличением миграционного притока на фоне активного создания имиджа территории как региона с особой социальной поддержкой населения и развивающейся экономикой. Такой эффект может возникнуть в Хабаровском и Приморском краях при активной и успешной реализации крупных инвестиционных проектов. При этом следствием данного эффекта может стать высокая безработица среди мигрантов. Также в целом из-за недостатка трудовых ресурсов происходит более активное вовлечение в трудовую деятельность молодежи до 30 лет.

Обозначая перспективы развития данного исследования, следует отметить, что нелинейное поведение динамических систем зачастую является контринтуитивным и его особенности можно выявить либо экспериментальным путем, либо с помощью математического и имитационного моделирования. Очевидно, что эксперименты, связанные с обществом, трудно реализуемы, поэтому моделирование в этом случае является подходящим и эффективным инструментом исследования. Как представляется, большие возможности в аспекте исследования сложного поведения территориально-хозяйственных систем открывает агент-ориентированное моделирование, в котором моделируемые процессы представляются результатом действия отдельных агентов [33]. Задачи построения таких моделей являются междисциплинарными и требуют интеграции опыта гуманитарных и естественно-научных дисциплин. Это означает, что в настоящее время важной потребностью для научного сообщества и общества в целом является создание социогуманитарных технологий, которые позволили бы не стихийно, а систематически формировать междисциплинарные научные коллективы и соответствующие социальные структуры.

Список литературы

1. Полтерович В.М. Становление общего социального анализа // Общественные науки и современность. 2011. № 2. С. 101–111.

2. *Минакир П.А.* Экономический анализ и измерения в пространстве // *Пространственная экономика*. 2014. № 1. С. 12–39.
3. *Haken H.* Synergetics. Berlin, Heidelberg, N. Y.: Springer-Verlag, 1977. 325 p.
4. *Prigogine I., Stengers I.* Order out of chaos: man's new dialogue with nature. London: Heinemann, 1984. 385 p.
5. *Bouchaud J.-P.* Economics needs a scientific revolution // *Nature*. 2008. Vol. 455. P. 1181.
6. *Chen S.-H., Li S.-P.* Econophysics: bridges over a turbulent current // *International Review of Financial Analysis*. 2012. Vol. 23. P. 1–10. doi: 10.1016/j.irfa.2011.07.001.
7. *Cockshott W.P., Cottrell A.F.* Classical econophysics. Oxford: Routledge, 2009. 364 p.
8. *Mantegna R.N., Stanley H.E.* Introduction to econophysics: Correlations and complexity in finance. Cambridge: Cambridge University Press, 2000. 147 p.
9. *Weidlich W.* *Sociodynamics: A systematic approach to mathematical modelling in the social sciences*. CRC Press, 2000. 392 p.
10. *Keen S.* From stochastics to complexity in models of economic instability // *Nonlinear Dynamics, Psychology, and Life Sciences*. 1997. Vol. 1, № 2. P. 151–172.
11. *Zhang W.-B.* Theory of complex systems and economic dynamics // *Nonlinear Dynamics, Psychology, and Life Sciences*. 2002. Vol. 6, № 2. P. 83–101.
12. *Минакир П.А., Прокапало О.М.* Региональная экономическая динамика. Дальний Восток / отв. ред. В.В. Кулешов. Хабаровск: ДВО РАН, 2010. 304 с.
13. *Мишук С.Н.* Факторы межэтнического взаимодействия на Дальнем Востоке России // *Региональные проблемы*. 2016. Т. 19, № 1. С. 36–46.
14. *Мишук С.Н.* Влияние иностранной рабочей силы на социально-экономическое развитие Дальнего Востока России (середина XIX – начало XXI вв.) // *Проблемы Дальнего Востока*. 2013. № 1. С. 91–104.
15. *Мотрич Е.Л., Кравчук С.А.* Государственная политика хозяйственного освоения и заселения Дальнего Востока с конца XIX в. до середины 1980-х годов // *Вестник ДВО РАН*. 2006. № 6 (130). С. 120–128.
16. *Сидоркина З.И.* Иммиграция в демографическом развитии Дальнего Востока: препринт. Владивосток: Дальнаука, 2007. 36 с.
17. *Комарова Т.М.* Современные тенденции в возрастной и половой структуре населения Еврейской автономной области // *Региональные проблемы*. 2016. Т. 19, № 4. С. 131–134.
18. *Неверова Г.П., Комарова Т.М.* Воспроизводство населения региона в аспекте социально-демографической безопасности (на примере Еврейской автономной области) // *Вестник Тихоокеанского государственного университета*. 2010. № 3. С. 267–274.
19. *Гаева И.В., Комарова Т.М., Неверова Г.П., Фетисов Д.М.* Геодемографическая обстановка в Еврейской автономной области: ретроспективный анализ и прогноз // *Известия Российской академии наук. Серия географическая*. 2011. № 6. С. 54–67.
20. *Ревуцкая О.Л., Неверова Г.П.* Моделирование динамики половозрастной структуры населения с учетом занятости в регионе // *Региональные проблемы*. 2015. Т. 18, № 4. С. 5–12.
21. *Мишук С.Н.* Мигранты и принимающее сообщество: региональный аспект (на примере Дальнего Востока России). Биробиджан: Изд-во ИКАРП ДВО РАН, 2014. 218 с.
22. *Коровкин А.Г.* Динамика занятости и рынка труда: Вопросы макроэкономического анализа и прогнозирования. М.: МАКС-Пресс, 2001. 320 с.
23. *Yormirzoev M.M.* Migration, remittances and economic growth: an empirical study in the case of former Soviet republics // *Vestnik Permskogo universiteta. Seria Ekonomika = Perm University Herald. Economy*. 2016. № 4(31). P. 86–94. doi: 10.17072/1994-9960-2016-4-86-94.
24. *Forrester J.W.* Industrial dynamics. Portland, OR: Productivity Press, 1961. 464 p.
25. *Forrester J.W.* Industrial dynamics. Cambridge MA: The MIT Press, 1961. 484 p.
26. *Forrester J.W.* Urban dynamics. Portland, OR: Productivity Press, 1969. 285 p.
27. *Khavinson M.Yu., Kulakov M.P., Mishchuk S.N.* Prediction of foreign labor migration dynamics at the regional level // *Studies on Russian Economic Development*. 2013. Vol. 24, № 2. P. 170–178. doi: 10.1134/S1075700713020068.
28. *Хавинсон М.Ю., Кулаков М.П.* Математическое моделирование динамики численности разновозрастных групп, занятых в экономике региона // *Компьютерные исследования и моделирование*. 2014. Т. 6, № 3. С. 441–454.

29. Фрисман Е.Я., Хавинсон М.Ю., Аносова С.В., Неверова Г.П., Мищук С.Н., Комарова Т.М., Кулаков М.П., Курилова Е.В., Суховеева А.Б. Комплексный анализ и моделирование сценариев демографического и экономического развития региона в контексте реализации крупных инвестиционных проектов (на примере Еврейской автономной области). Владивосток: Дальнаука, 2014. 163 с.
30. Неверова Г.П. Применение модели Лефковича к анализу демографической динамики (на примере Еврейской автономной области) // Региональные проблемы. 2008. № 10. С. 12–16.
31. Белавин В.А., Курдюмов С.П. Режимы с обострением и законы коэволюции сложных систем. URL: <http://spkurdyumov.ru/evolutionism/zakony-koevolucii-slozhnykh-sistem/> (дата обращения: 15.09.2017).
32. Анализ и моделирование глобальной динамики / отв. ред. А.В. Коротаев, С.Ю. Малков, Л.Е. Гринин. М.: ЛИБРОКОМ, 2010. 352 с.
33. Малинецкий Г.Г. Режим с обострением. Воспоминания о С.П. Курдюмове. URL: <http://spkurdyumov.ru/what/rezhim-s-obostreniem/> (дата обращения: 15.09.2017).
34. Макаров В.Л., Бахтизин А.Р. Социальное моделирование – новый компьютерный прорыв (агент-ориентированные модели). М.: Экономика, 2013. 295 с.

Статья поступила в редакцию 05.10.2017

Сведения об авторе

Хавинсон Михаил Юрьевич – кандидат экономических наук, старший научный сотрудник, Институт комплексного анализа региональных проблем Дальневосточного отделения Российской академии наук (Россия, 679016, Биробиджан, ул. Шолом-Алейхема, 4; e-mail: carpi@yandex.ru).

References

1. Polterovich V.M. Stanovlenie obshchego sotsial'nogo analiza [Formation of a general social analysis]. *Obshchestvennyye nauki i sovremennost'* [Social Sciences and Contemporary World], 2011, no. 2, pp. 101–111. (In Russian).
2. Minakir P.A. Ekonomicheskii analiz i izmereniya v prostranstve [Economic analysis and measurements: Spatial case]. *Prostranstvennaya ekonomika* [Spatial Economics], 2014, no. 1, pp. 12–39. (In Russian).
3. Haken H. *Synergetics*. Berlin, Heidelberg, New York, Springer-Verlag Publ., 1977. 325 p.
4. Prigogine I., Stengers I. *Order out of chaos: Man's new dialogue with nature*. London, Heinemann, 1984. 385 p.
5. Bouchaud J.-P. Economics needs a scientific revolution. *Nature*, 2008, vol. 455, p. 1181.
6. Chen S.-H., Li S.-P. Econophysics: Bridges over a turbulent current. *International Review of Financial Analysis*, 2012, vol. 23, pp. 1–10. doi: 10.1016/j.irfa.2011.07.001.
7. Cockshott W.P., Cottrell A.F. *Classical Econophysics*. Oxford, Routledge, 2009. 364 p.
8. Mantegna R.N., Stanley H.E. *Introduction to Econophysics: Correlations and complexity in finance*. Cambridge, Cambridge University Press, 2000. 147 p.
9. Weidlich W. *Sociodynamics: A systematic approach to mathematical modelling in the social sciences*. CRC Press, 2000. 392 p.
10. Keen S. From stochastics to complexity in models of economic instability. *Nonlinear Dynamics, Psychology, and Life Sciences*, 1997, vol. 1, no. 2, pp. 151–172.
11. Zhang W.-B. Theory of complex systems and economic dynamics. *Nonlinear Dynamics, Psychology, and Life Sciences*, 2002, vol. 6, no. 2, pp. 83–101.
12. Minakir P.A., Prokapalo O.M. *Regional'naya ekonomicheskaya dinamika. Dal'nii Vostok*. Otv. red. V.V. Kuleshov [Regional economic dynamics. The Far East]. Exec. Ed. V.V. Kuleshov. Khabarovsk, DVO RAN Publ., 2010, 304 p. (In Russian).
13. Mishchuk S.N. Faktory mezhetnicheskogo vzaimodeistviya na Dal'nem Vostoke Rossii [Factors of interethnic interaction in the Far East of Russia]. *Regional'nye problemy* [Regional Problems], 2016, vol. 19, no. 1, pp. 36–46. (In Russian).
14. Mishchuk S.N. Vliyanie inostranoi rabochei sily na sotsial'no-ekonomicheskoe razvitie Dal'nego Vostoka Rossii (seredina XIX-nachalo XXI vv.) [The impact of foreign labor on the socio-economic development of the Russian Far East (mid XIX-early XXI)]. *Problemy Dal'nego Vostoka* [Problems of the Far East], 2013, no.1, pp. 91–104. (In Russian).

15. Motrich E.L., Kravchuk S.A. Gosudarstvennaya politika khozyaistvennogo osvoeniya i zaseleniya Dal'nego Vostoka s kontsa XIX v. do serediny 1980-kh godov [The state policy of economic development and settlement of the Far East from the end of the 19th century to the middle of the 1980s]. *Vestnik Dal'nevostochnogo Otdeleniya Rossiiskoi Akademii Nauk* [Vestnik of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences], 2006, no. 6 (130), pp. 120–128. (In Russian).
16. Sidorkina Z.I. *Immigratsiya v demograficheskom razvitií Dal'nego Vostoka: preprint* [Immigration in demographic development of the Far East: preprint]. Vladivostok, Dal'nauka Publ., 2007. 36 p. (In Russian).
17. Komarova T.M. Sovremennye tendentsii v vozrastnoi i polovoi structure naseleniya Evreiskoi avtonomnoi oblasti [Modern trends in age-sex structure of the population in the Jewish Autonomous Region]. *Regional'nye problemy* [Regional Problems], 2016, vol. 19, no. 4, pp. 131–134. (In Russian).
18. Neverova G.P., Komarova T.M. Vosproizvodstvo naseleniya regiona v aspekte sotsial'no-demograficheskoi bezopasnosti (na primere Evreiskoi avtonomnoi oblasti) [Reproduction of regional population in the context of socio-demographic security (on the example of the Jewish Autonomous Region)]. *Vestnik Tikhookeanskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the Pacific State University], 2010, no. 3, pp. 267–274. (In Russian).
19. Gaeva I.V., Komarova T.M., Neverova G.P., Fetisov D.M. Geodemograficheskaya obstanovka v Evreiskoi avtonomnoi oblasti: retrospektivnyi analiz i prognoz [Geodemographic situation on the territory of the Jewish Autonomous Region: A retrospective analysis and forecast]. *Izvestiya Rossiiskoi akademii nauk. Seriya geograficheskaya* [Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Geographical Series], 2011, no. 6, pp. 54–67. (In Russian).
20. Revutskaya O.L., Neverova G.P. Modelirovanie dinamiki polovozrastnoi struktury naseleniya s uchetom zanyatosti v regione [Mathematical modeling of population dynamics with sex and age structures of the population, taking into account employment rate in a region]. *Regional'nye problemy* [Regional Problems], 2015, vol. 18, no. 4, pp. 5–12. (In Russian).
21. Mishchuk S.N. *Migranty i prinyimayushchee soobshchestvo: regional'nyi aspekt (na primere Dal'nego Vostoka Rossii)* [Migrants and host community: Regional aspect (the Far East of Russia set as an example)]. Birobidzhan, IKARP DVO RAN Publ., 2014. 218 p. (In Russian).
22. Korovkin A.G. *Dinamika zanyatosti i rynka truda: Voprosy makroekonomicheskogo analiza i prognozirovaniya* [Dynamics of employment rate and the labor market: Issues of macroeconomic analysis and forecasting]. Moscow, MAKS-Press Publ., 2001. 320 p. (In Russian).
23. Yormirzoev M.M. Migration, remittances and economic growth: an empirical study in the case of former Soviet republics. *Vestnik Permskogo universiteta. Seria Ekonomika = Perm University Herald. Economy*, 2016, no. 4 (31), pp. 86–94. doi: 10.17072/1994-9960-2016-4-86-94.
24. Forrester J.W. *Industrial dynamics*. Cambridge MA, The MIT Press, 1961. 484 p.
25. Forrester J.W. *Urban Dynamics*. Portland, OR, Productivity Press, 1969. 285 p.
26. Khavinson M.Yu., Kulakov M.P., Mishchuk S.N. Prediction of foreign labor migration dynamics at the regional level. *Studies on Russian Economic Development*, 2013, vol. 24, no. 2, pp. 170–178. doi: 10.1134/S1075700713020068.
27. Khavinson M.Yu., Kulakov M.P. Matematicheskoe modelirovanie dinamiki chislennosti raznovozrastnykh grupp zanyatykh v ekonomike regiona [Mathematical modeling of the population dynamics of different age-group workers in the regional economy]. *Komp'yuternye issledovaniya i modelirovanie* [Computer Research and Modeling], 2014, vol. 6, no. 3, pp. 441–454. (In Russian).
28. Frisman E.Ya., Khavinson M.Yu., Anosova S.V., Neverova G.P., Mishchuk S.N., Komarova T.M., Kulakov M.P., Kurilova E.V., Sukhoveeva A.B. *Kompleksnyi analiz i modelirovanie stsensariiev demograficheskogo i ekonomicheskogo razvitiya regiona v kontekste realizatsii krupnykh investitsionnykh proektov (na primere Evreiskoi avtonomnoi oblasti)* [Complex analysis and modeling of regional demographic and economic development scenarios in context of large investment projects realization (on the example of the Jewish Autonomous Region)]. Vladivostok, Dal'nauka Publ., 2014. 163 p. (In Russian).
29. Neverova G.P. Primenenie modeli Lefkovicha k analizu demograficheskoi dinamiki (na primere Evreiskoi avtonomnoi oblasti) [Application of the Lefkovich model to the demographic dynamics analysis (in the case of the Jewish Autonomous Region)]. *Regional'nye problemy* [Regional Problems], 2008, no. 10, pp. 12–16. (In Russian).
30. Belavin V.A., Kurdyumov S.P. *Rezhimy s obostreniem i zakony koevol'yutsii slozhnykh system* [Regimes with peaking and laws of co-evolution of complex systems]. (In Russian) Available at: <http://spkurdyumov.ru/evolutionism/zakony-koevol'yucii-slozhnyx-sistem/> (accessed 15.09.2017).

31. *Analiz i modelirovanie global'noi dinamiki*. Otv. red. A.V. Korotaev, S.Yu. Malkov, L.E. Grinin [Analysis and modeling of global dynamics. Exec. Ed. A.V. Korotaev, S.Yu. Malkov, L.E. Grinin]. Moscow, LIBROKOM Publ., 2010. 352 p. (In Russian).

32. Malinetskii G.G. *Rezhim s obostreniem. Vospominaniya o S.P. Kurdyumove* [The regime with peaking. Memories of S.P. Kurdyumov]. (In Russian) Available at: <http://spkurdyumov.ru/what/rezhim-s-obostreniem/> (accessed 15.09.2017).

33. Makarov V.L., Bakhtizin A.R. *Sotsial'noe modelirovanie – novyi komp'yuternyi proryv (agent-orientirovannye modeli)* [Social modeling – A new computer breakthrough (agent-oriented models)]. Moscow, Ekonomika Publ., 2013. 295 p. (In Russian).

The date of the manuscript receipt: 05.10.2017

Information about the Author

Khavinson Mikhail Yur'evich – Candidate of Economic Sciences, Senior Researcher, Institute for Complex Analysis of Regional Problems Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences (4, Sholom-Aleikhem st., Birobidzhan, 679016, Russia; e-mail: carpi@yandex.ru).

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:

Хавинсон М.Ю. Моделирование нелинейной динамики уровня занятости в регионе (на примере регионов юга Дальнего Востока России) // Вестник Пермского университета. Сер. «Экономика» = Perm University Herald. Economy. 2017. Том 12. № 4. С. 575–591. doi: 10.17072/1994-9960-2017-4-575-591

Please cite this article in English as:

Khavinson M.Yu. Modeling of nonlinear dynamics of employment rate in a region (in the case study of the regions of the south of the Russian Far East). *Vestnik Permskogo universiteta. Seria Ekonomika = Perm University Herald. Economy*. 2017, vol. 12, no. 4, pp. 575–591. doi: 10.17072/1994-9960-2017-4-575-591