

УДК 331.5(571.620+571.63)

МОДЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ЧИСЛЕННОСТИ ЗАНЯТЫХ В РАЗРЕЗЕ ВОЗРАСТНЫХ ГРУПП (НА ПРИМЕРЕ ХАБАРОВСКОГО И ПРИМОРСКОГО КРАЕВ)

М.Ю. Хавинсон, М.П. Кулаков

Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН,
ул. Шолом-Алейхема 4, Биробиджан, 679016,
e-mail: havinson@list.ru, k_matvey@mail.ru

На основе математической модели, разработанной авторами, проведен анализ и дан прогноз динамики численности занятых Хабаровского и Приморского краев по возрастным группам. Показано, что на фоне прогнозируемого снижения численности занятых Дальневосточного федерального округа расчетные значения числа работников в рассматриваемых регионах колеблются около стационарных значений.

Ключевые слова: математическая модель, занятые, возрастные группы, Хабаровский край, Приморский край.

Введение

Анализ и прогноз динамики численности занятых является весьма важной научно-практической задачей, приобретающей особую актуальность для развития Дальневосточного федерального округа (ДФО). Дефицит работников на Дальнем Востоке существенно усложняет и ограничивает возможности социально-экономического роста [8–11].

В исследованиях занятости довольно подробно изучены дисбаланс спроса и предложения рабочей силы [3, 5], роли трудовой миграции в динамике занятости [16, 17], связи демографических факторов и состояния рынка труда [14, 19] и др. При этом, на наш взгляд, вне поля исследователей остаются колебательные или кажущиеся случайными изменения численности занятых на среднесрочных временных интервалах. Эти изменения не могут быть учтены в соответствующих прогнозах и, кроме того, возникает вопрос о природе колебательной динамики во временных рядах численности занятого населения. Весьма интересно, что такие явления часто возникают в природных системах, например в биологических популяциях [4, 18]. В математической биологии показано, что колебательные процессы в живых системах обусловлены нелинейным взаимодействием групп (популяций) [6, 12]. Применяв подобный подход для описания социально-экономических систем [1, 7], удалось модельно описать флуктуации численности занятых в разрезе возрастных групп для Еврейской автономной области [15]. Продолжая

исследования, мы проводим соответствующий модельный анализ для двух крупных регионов ДФО: Хабаровского и Приморского краев.

Математическая модель динамики численности занятых в разрезе возрастных групп

В рамках обозначенной задачи предлагается провести анализ и прогноз динамики численности разновозрастных групп занятых Хабаровского и Приморского краев, используя соответствующую математическую модель [15].

Модель имеет следующий вид:

$$\begin{cases} d x_1 / d t = b_1 - (K_1 + \alpha_2 x_2 + \alpha_3 x_3) x_1, \\ d x_2 / d t = b_2 - (K_2 + \alpha_1 x_1 + \alpha_3 x_3) x_2, \\ d x_3 / d t = b_3 - (K_3 + \alpha_1 x_1 + \alpha_2 x_2) x_3, \end{cases} \quad (1)$$

где x_i – численность занятых i -ой когорты, t – переменная времени, b_i – коэффициенты миграционных потоков i -ой когорты, K_i – коэффициенты перетока численности занятых и экономически неактивного населения i -ой когорты, смертности и перехода в следующую возрастную i -ой когорты, a_{ij} – коэффициенты влияния когорты i на когорту j ($i=1,2,3, j=1,2,3$). Рассматриваются занятые 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.

Под взаимодействиями занятых мы понимаем обобщенные социально-экономические механизмы, способные вызвать в той или иной

степени взаимосвязанные изменения численности занятых различных возрастных групп. Эти взаимодействия в рамках представляемой модели можно описать по аналогии со взаимодействиями биологических популяций. При этом, безусловно, ценность такой классификации – в упорядочивании типов взаимовлияния одной группы агентов (независимо от их природы, но в данном случае занятых) на другую на языке моделирования.

По аналогии с классификацией влияния одной популяции на другую [13] можно определить варианты отношений занятых разных возрастных групп в экономике региона (табл. 1).

Отсутствие влияния занятых одной когорты на занятых другой когорты (в популяционной биологии – нейтрализм) означает в терминах модели $\alpha_{ij}=0$ и $\alpha_{ji}=0$, т.е. изменение численности одной группы не ведет к изменению численности другой и наоборот. Следует отметить, что «экономический» нейтрализм не исключает связи между разновозрастными специалистами: члены когорты могут быть опосредованно связаны рыночными отношениями через другую возрастную группу.

Отношения помощи (в биологии комменсализм) выражаются в увеличении численности занятых одной возрастной группы посредством содействия со стороны другой, при этом объем второй когорты работающих не изменяется под влиянием первой ($\alpha_{ij} > 0$, $\alpha_{ji} = 0$). Такая ситуация может сложиться, например, когда родители пенсионного возраста берут на себя решение бытовых вопросов учащейся молодежи, высвобождая тем самым время для оплачиваемого труда студентов.

Угнетение (в биологии – аменсализм) соответствует коэффициентам $\alpha_{ij} < 0$ и $\alpha_{ji} = 0$, когда

численность специалистов определенного возраста снижается из-за деятельности другой когорты, не испытывающей подобного влияния со стороны угнетаемой группы. Подобная ситуация может сложиться, например, во взаимодействии «среднего» (угнетающего) и старшего (угнетаемого) поколений: пенсионеры, желающие работать, могут вытесняться с рынка труда (замещаться) более молодым поколением.

Дискриминация («жертва-эксплуататор» в биологии) возрастных групп на рынке труда возникает, когда увеличение численности занятых одного возраста обуславливает уменьшение объема работающих другой когорты ($\alpha_{ij} > 0$, $\alpha_{ji} < 0$). Угнетение и «паразитизм» возрастных групп в экономической среде является аспектом социального явления – эйджизма, т.е. дискриминации человека на основании его возраста. Джэйнизм (дискриминация молодым поколением старшего) может наблюдаться в экономике с бурным развитием принципиально новых технологий, требующих быстрого обучения. Обратная ситуация, вероятно, довольно редка на рынке труда и может проявиться в отдельных случаях как результат резких перемен в социуме и отдаления молодежи от традиционных общественных ценностей.

Конкуренция разновозрастных специалистов на рынке труда ($\alpha_{ij} < 0$, $\alpha_{ji} < 0$) выражается в том, что увеличение численности одной когорты ведет к уменьшению численности другой и наоборот. Соперничество, вероятно, – естественная ситуация для рыночной экономики и, по сути, является следствием равноправия возрастных групп, однако в своей крайней степени оно может перейти в угнетение.

Таблица 1

Классификация взаимодействий разновозрастных специалистов в экономике региона

Table 1

Classification of interactions between specialists of different age in the regional economics

Тип взаимодействия в биологии	Тип взаимодействия на рынке труда	Влияние первой когорты на вторую	Влияние второй когорты на первую
нейтрализм	отсутствие влияния	0 ($\alpha_{ij} = 0$)	0 ($\alpha_{ji} = 0$)
комменсализм	помощь	+ ($\alpha_{ij} > 0$)	0 ($\alpha_{ji} = 0$)
аменсализм	угнетение	- ($\alpha_{ij} < 0$)	0 ($\alpha_{ji} = 0$)
жертва-эксплуататор	дискриминация	+ ($\alpha_{ij} > 0$)	- ($\alpha_{ji} < 0$)
конкуренция (интерференция)	конкуренция	- ($\alpha_{ij} < 0$)	- ($\alpha_{ji} < 0$)
мутуализм	партнерство	+ ($\alpha_{ij} > 0$)	+ ($\alpha_{ji} > 0$)

Примечание: «+» – увеличение (уменьшение) численности занятых одной когорты вызывает увеличение (уменьшение) численности занятых другой; «0» – отсутствие влияния; «-» – увеличение (уменьшение) численности занятых одной когорты вызывает уменьшение (увеличение) численности занятых другой

Партнерство (в биологии – мутуализм) может возникать в «симбиотических» отношениях занятых, например «мастер – ученик» ($\alpha_{ij} > 0, \alpha_{ji} > 0$). В этом случае увеличение (уменьшение) объема одной когорты работающих приводит к увеличению (уменьшению) объема другой.

В результате верификации модели (1) на данных о динамике численности занятого населения были получены оценки параметров системы (1), приведенные в табл. 2. Каждой из полученных оценок соответствует тип динамики, так-

же указанный в таблице (устойчивый фокус, предельный цикл). В терминах теории динамических систем устойчивый фокус означает затухающие колебания моделируемого показателя, предельный цикл – периодические колебания.

Анализ взаимодействий занятых проводился на основе значений параметров модели, оцененных по соответствующим статистическим данным. Оценка коэффициентов модели производилась в среде MathCad методом Левенберга-Марквардта путем минимизации суммы квадратов отклонений

Таблица 2

Значения параметров и качество аппроксимации модели (1)

Table 2

Values of the parameters and the quality of approximation of the model (1)

Дальневосточный федеральный округ		Приморский край (сценарий 1)	Приморский край (сценарий 2)	Хабаровский край
Значения параметров системы (1)				
b_1	0,8138	0,1761	0,2051	-0,4932
K_0	-0,0291	-0,1623	-0,1549	-0,5313
α_{12}	-0,00004	-0,00004	0,00002	-0,00005
α_{13}	0,0164	0,1006	0,1025	0,1454
b_2	0,00002	1,8677	0,0018	9,7877
K_1	0,1723	-0,1546	-0,1698	0,0075
α_{21}	-0,0147	0,1785	0,0950	1,3319
α_{23}	-0,0056	0,0442	-0,0224	0,1480
b_3	5,7617	0,0412	0,5073	1,0490
K_2	-0,9909	0,3462	-0,1314	-0,4473
α_{31}	-0,0337	-0,1220	-0,0702	0,0097
α_{32}	0,1166	0,1761	0,0987	0,2780
Стационарная численность (в млн. чел.)				
\bar{x}_1	0,2107	0,2162	-	0,1791
\bar{x}_2	1,1067	0,5520	-	0,3690
\bar{x}_3	2,5284	0,2425	-	0,1761
Коэффициент детерминации				
r_1^2	0,6094	0,7956	0,7956	0,7926
r_2^2	0,9799	0,9149	0,8811	0,8653
r_3^2	0,9833	0,9254	0,9106	0,9088
Тип динамики				
Устойчивый фокус		Устойчивый фокус	Предельный цикл	Устойчивый фокус

фактических данных от соответствующих координат точек интегральных кривых, т.е. решения оптимизационной задачи вида:

$$J(u) = \mu_1 \sum_{j=1}^N (x_1^*(t_j) - x_1(t_j, u))^2 + \mu_2 \sum_{j=1}^N (x_2^*(t_j) - x_2(t_j, u))^2 + \mu_3 \sum_{j=1}^N (x_3^*(t_j) - x_3(t_j, u))^2 \rightarrow \min_{u \in D}, \quad (2)$$

где $u = (b_1, b_2, b_3, K_1, K_2, K_3, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_1, \alpha_3, \alpha_3, \alpha_3)^T$ –

вектор искоемых коэффициентов системы (1), $x_1(t_j, u)$, $x_2(t_j, u)$, и j – решение системы (1) 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 16–29 лет, 30–49 лет и 50 лет и старше. Весовые коэффициенты μ_i ($\mu_1 + \mu_2 + \mu_3 = 1$) выражают относительную значимость частных критериев оптимизационной задачи (2).

Модельный анализ численности занятых Хабаровского и Приморского краев

Используя описанную выше методику, мы получили оценки параметров модели (1) для ДФО, Хабаровского и Приморского краев. Коэффициенты детерминации показывают хорошее соответствие статистических данных и модельных расчетов.

В целом для ДФО в среднесрочной перспективе (5–7 лет) характерно снижение численности занятых до уровня 2002–2003 гг. и изменение их возрастной структуры. При этом если к 2020 г. число работников ДФО сократится на 1,6%, то для занятых когорт до 29 лет и 30–49 лет это сокращение составит 11,5 и 6,7% соответственно, в то время как численность занятых старше 50 лет увеличится на 16,8%. Изменение возрастной структуры происходит как из-за демографических факторов (скорость миграционного пополнения b_3 численности занятых 50 лет и старше в 7,1 раз больше соответствующего показателя для занятых до 29 лет ($b_1=0,8138$), в когорте работников 30–49 лет почти нет миграционного прироста – $b_2=0,00002$), так и из-за взаимодействий занятых.

Занятые 50 лет и старше находятся с работающей молодежью до 29 лет в отношениях дискриминации. Вероятно, из равновозможных вариантов при трудоустройстве потенциального молодого работника и работника предпенсионного и пенсионного возраста работодатель отдаст предпочтение второму ($\alpha_{13}=0,0164$, $\alpha_{31}=-0,0337$). При этом, если подобная ситуация возникнет между экономически активными 30–49 лет и 50 лет и старше, в более выгодном положении

окажутся первые ($\alpha_{23}=-0,0056$, $\alpha_{32}=0,1166$). Занятые до 29 лет и 30–49 лет в целом находятся в отношениях партнерства. Вероятно, если работодатель нацелен на «омоложение» кадрового состава, он заинтересован трудоустроить как работников со стажем («мастеров»), так и молодежь («учеников»). Таким образом, согласно результатам моделирования, в ДФО в целом происходит старение занятого населения. Это связано, вероятно, не только с демографическими тенденциями, но и с недостаточной поддержкой работающей молодежи до 29 лет, результатом которой является «вымывание» молодых кадров из ДФО. Модельные расчеты показывают снижение численности занятых в ДФО в течение последующих десяти лет, вклад в которое вносят трудящиеся допенсионного возраста. Более долгосрочные оценки динамики работников в ДФО хотя и не являются корректными с точки зрения моделирования, но выглядят достаточно правдоподобно в аспекте общего анализа социально-экономической ситуации. На рис. мы видим «провал» численности занятых в 2010–2025 гг., что может быть обусловлено демографической ситуацией. В случае реализации крупных инвестиционных проектов возможен прямой и косвенный эффекты в виде улучшения ситуации в сфере занятости населения.

Хабаровский и Приморский края являются первыми регионами Дальнего Востока по численности населения. В 2013 г. суммарная численность населения этих регионов – 1,34 млн чел. и 1,937 млн чел. соответственно – составляла 52,6% от численности населения Дальнего Востока (6,227 млн чел.). Почти такую же долю (52%) в численности занятых ДФО (3,286 млн чел.) в 2013 г. составляет численность занятых в краях – 0,730 млн чел. и 0,979 млн чел. соответственно.

В рассматриваемых регионах несколько отличается возрастная структура занятых. В Хабаровском крае больше доля занятых до 29 лет и меньше – занятых 50 лет и старше (в Хабаровском крае – 25,6 и 25,9%, в Приморском крае – 22,6 и 27,5% от численности занятых соответственно). Диверсифицированная структура экономики краев, относительно высокая инвестиционная привлекательность дают основания полагать, что на фоне общего сокращения трудовых ресурсов ДФО численность и возрастная структура занятых в краях будет держаться «на плаву».

Следует отметить, что для описания численности занятых Приморского края получены два равнозначных набора оценок параметров.

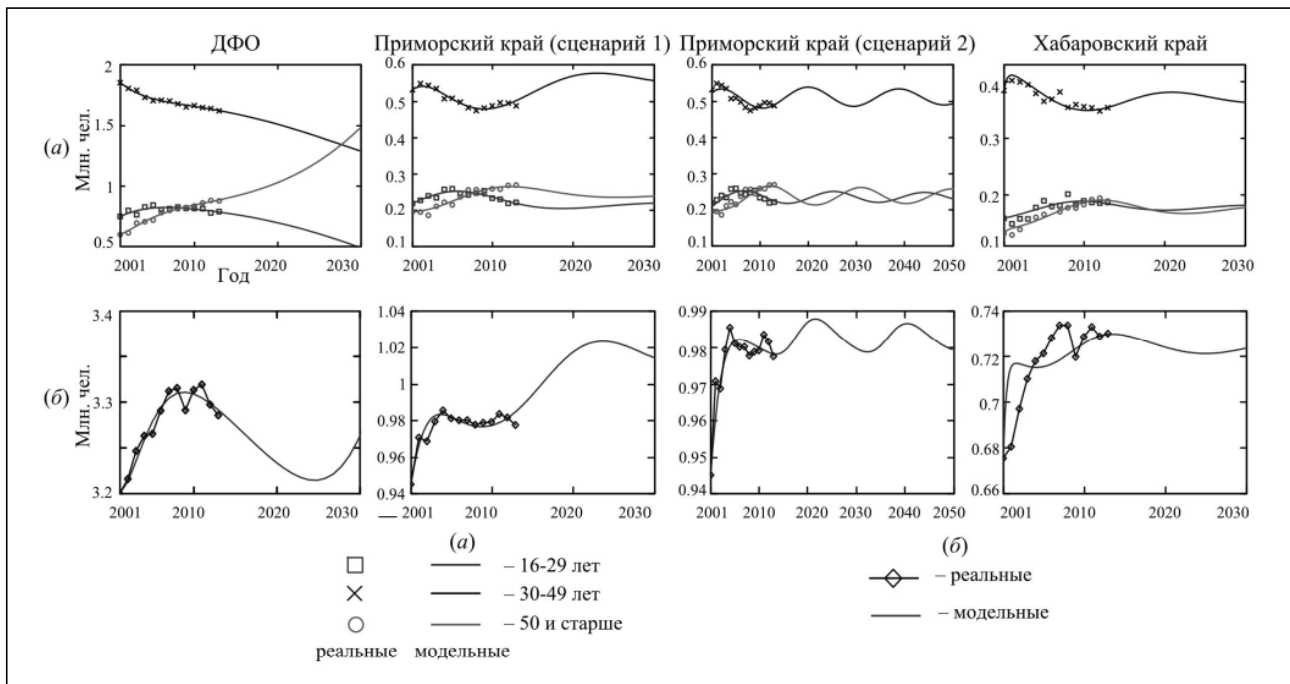


Рис. (а) Реальная и модельная динамика численности групп разновозрастных специалистов в некоторых регионах ДФО и в целом по федеральному округу (на первом рисунке), (б) динамика общей численности занятого населения и суммы всех переменных системы (1)

Fig. (a) Real and model dynamics of the number of specialists belonging to different age groups in several regions, and throughout the Far Eastern Federal District (the first figure), (b) Dynamics of the total number of employed population and the sum of the system variables (1)

Интересно то, что по значениям параметров сценарии отличаются незначительно, однако описывают принципиально разный с точки зрения нелинейной динамики характер временных рядов. Для первого сценария это затухающие колебания (устойчивый фокус), для второго – периодические колебания (колебания вдали от состояния равновесия системы). По полученным оценкам к периодическим колебаниям может привести в первую очередь уменьшение положительного миграционного сальдо занятых 30–49 лет. Хотя в настоящее время, на наш взгляд, реализуется первый сценарий, наиболее соответствующий подобным тенденциям в Хабаровском крае. Ввиду этого в анализе будем опираться на сценарий № 1 для Приморского края.

Для Хабаровского и Приморского краев характерен относительно небольшой подъем численности занятых к 2020 г. Для этих регионов в отличие от тенденций в целом по ДФО характерны значимые миграционные пополнения численности занятых 30–49 лет (для ДФО – $b_2 = 0,8138$, для Приморского края – $b_2 = 1,8677$, для Хабаровского края – $b_2 = 9,7877$). Взаимодействия работников

регионов до 29 лет совпадают с ситуацией по Дальнему Востоку в целом, отличие есть лишь в Хабаровском крае. В нем взаимодействия занятых 16–29 лет и 50 лет и старше носят характер конкуренции, в которой в более выигрышном положении оказывается вторая группа ($\alpha_{13} = 0,1454 > \alpha_{31} = 0,0097$). В отличие от параметров для ДФО трудящиеся 30–49 лет Приморского и Хабаровского краев находятся в отношении конкуренции с представителями других соответствующих возрастных групп. Важно отметить, что такая конкуренция, по всей видимости, плодотворно сказывается на устойчивости численности занятых: нет «давления» на молодежь (для Хабаровского края: $\alpha_{12} = -0,00005$, $\alpha_{21} = 1,3319$, для Приморского края: $\alpha_{12} = -0,00004$, $\alpha_{21} = 0,1785$), для Приморского края в сценарии № 1 с большими конкурентными взаимодействиями достигается большая численность занятых, чем в сценарии № 2.

Исходя из модельных оценок, можно полагать, что конкурентная среда среди занятого населения Приморского и Хабаровского краев более благоприятная, чем в целом в ДФО.

Заключение

Проведенный модельный анализ позволил получить прогнозные варианты динамики численности занятых ДФО в целом и в его отдельных крупных регионах. В настоящее время наблюдается тенденция старения трудовых ресурсов с «вымыванием» молодежи. Колебательные режимы динамики в Хабаровском и Приморском краях могут указать на «сопротивление» негативным социально-экономическим тенденциям путем реализации региональных управленческих механизмов.

Следует подчеркнуть, что результаты, связанные со взаимодействием разновозрастных работников, прямо не следуют из анализа рядов данных о численности занятого населения по возрастным группам, а являются следствием обработки данных и сопоставления колебательных режимов математической модели.

Весьма интересным оказалось и то, что для Приморского края сценарий № 1 с наибольшей численностью занятых в отличие от сценария № 2 содержит больше конкурентных и меньше угнетающих (дискриминационных) взаимодействий. Дискриминация на рынке труда, судя по оценкам параметров модели для Приморского края, сопровождается миграционным оттоком и сокращением миграционного прироста. В результате, как можно полагать, происходит сужение трудового потенциала и другие процессы, негативно сказывающиеся и на самой дискриминирующей группе. Эти выводы согласуются с утверждением о благотворности влияния равноправия социальных групп на экономику и, наоборот, с негативным влиянием дискриминации (например, Г. Беккером показано, что рыночная дискриминация приводит к снижению доходов всех взаимодействующих групп [2, с. 208–210]).

Кроме того, результаты моделирования для Приморского края показывают, что дискриминация на рынке труда приводит не только к снижению, но и к периодическим колебаниям численности занятых. Это означает, что в регионе могут циклически накапливаться диспропорции в возрастной структуре занятого населения, провоцирующие, в частности, высокую безработицу молодежи края.

Таким образом, исследование колебаний численности занятого населения, которые, казалось бы, происходят лишь «на кромке» временных рядов, приводят к более глубоким выводам и выявлению процессов, способных

существенно повлиять на динамику численности занятого населения в регионе.

Публикация подготовлена в рамках поддерживаемого РГНФ научного проекта № 15-32-01275.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Андреев В.В., Семёнов М.И. Математическое моделирование динамики социально-экономической системы России: определение наилучшего пути развития // *Нелинейный мир*. 2013. Т. 11, № 1. С. 58–72.
2. Беккер Г.С. Человеческое поведение: экономический подход. Избранные труды по экономической теории. М.: ГУ ВШЭ, 2003. 672 с.
3. Ермаков С.В., Шкуркин А.М. Миграционный трудовой потенциал региона в системе структурных диспропорций рынка труда // *Власть и управление на Востоке России*. 2007. № 1. С. 53–60.
4. Колобов А.Н., Фрисман Е.Я. Моделирование процесса конкуренции за свет в одновозрастных древостоях // *Известия Российской академии наук. Серия биологическая*. 2013. № 4. С. 463.
5. Коровкин А.Г., Долгова И.Н., Единак Е.А., Королев И.Б. Согласование спроса на рабочую силу и ее предложения на региональных рынках труда: опыт анализа и моделирования // *Научные труды / Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН*. 2012. Вып. № 10. С. 319–343.
6. Кулаков М.П., Неверова Г.П., Фрисман Е.Я. Мультистабильность в моделях динамики миграционно-связанных популяций с возрастной структурой // *Нелинейная динамика*. 2014. Т. 10, № 4. С. 407–425.
7. Курилова Е.В., Кулаков М.П., Хавинсон М.Ю., Фрисман Е.Я. Моделирование динамики добычи минеральных ресурсов в регионе: экономический подход // *Информатика и системы управления*. 2012. № 34. С. 3–13.
8. Майорова В.В., Никитина Л.М., Трещевский Ю.И. Динамика факторов и результатов производства в реальном секторе экономики: мезоэкономический анализ // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Экономика и управление*. 2014. № 4. С. 127–134.
9. Мищук С.Н. Особенности развития производительных сил Еврейской автономной области: миграционный аспект // *Региональные проблемы*. 2013. Т. 16, № 1. С. 98–102.
10. Мищук С.Н. Ретроспективный анализ мигра-

- ционных процессов в Еврейской автономной области // Региональные проблемы. 2015. Т. 18, № 3. С. 74–81.
11. Мищук С.Н., Аносова С.В. Миграционная ситуация как отражение социально-экономических процессов в Еврейской автономной области // Уровень жизни населения регионов России. 2013. № 1 (179). С. 47–54.
 12. Ревуцкая О.Л. Влияние климатических факторов (температуры и осадков) на динамику численности копытных (на примере Еврейской автономной области) // Региональные проблемы. 2012. Т. 15, № 2. С. 5–11.
 13. Ризниченко Г.Ю., Рубин А.Б. Биофизическая динамика продукционных процессов. М.; Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2004. 464 с.
 14. Хавинсон М.Ю. Регулирование демографической ситуации в регионе: социально-экономический аспект // Региональные проблемы. 2014. Т. 17, № 2. С. 89–92.
 15. 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.
 16. Хавинсон М.Ю., Кулаков М.П., Мищук С.Н. Прогнозирование динамики внешней трудовой миграции на региональном уровне // Проблемы прогнозирования. 2013. № 2. С. 99–111.
 17. Шкуркин А.М. Китайский труд на российском Дальнем Востоке // Социальные и гуманитарные науки на Дальнем Востоке. 2008. № 2. С. 8–27.
 18. Шлюфман К.В., Фишман Б.Е., Фрисман Е.Я. Интервально-периодическая динамика рекуррентных уравнений // Информатика и системы управления. 2013. № 3 (37). С. 66–73.
 19. Шпак А.В., Иванова Т.А. Прогнозирование и моделирование численности занятых в экономике // Приложение математики в экономических и технических исследованиях. 2014. № 4 (4). С. 204–208.

On basis of the mathematical model developed by the authors, the employment dynamics analysis and forecast by different age groups have been made for the Khabarovsk and Primorsky Territories. The research results show that the number of employees in the Far Eastern Federal District declines, and the calculated number of working men in these regions varies around the stationary values.

Keywords: *mathematical model, employment, age groups, the Khabarovsk Territory, Primorsky Territory.*