УДК 331.5:001.891.54(571.63)

DOI dx.doi.org/10.24866/1813-3274/2019-2/76-86

А. С. Лосев¹

Дальневосточное отделение РАН, г. Владивосток, Россия

E-mail: A. S. Losev@yandex.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ЧИСЛЕННОСТИ ЗАНЯТЫХ, БЕЗРАБОТНЫХ И ОБУЧАЮЩИХСЯ ПРИМОРСКОГО КРАЯ

Аннотация. В статье строится математическая модель динамики численности занятых, безработных, обучающихся по программам специального среднего образования и высшего образования на территории Приморского края. Полученная модель используется при анализе сложившейся негативной миграционной ситуации, когда в условиях повышенного внимания со стороны государства к Дальнему Востоку и принятия целого ряда распоряжений и постановлений федерального уровня, нацеленных на создание благоприятных условий его социально-экономического развития, наблюдается стабильный отток экономически активного населения. Определено приоритетное направление межгруппового передвижения населения края, выявлены группы, через которые происходит отток и приток населения в регион. Выдвинута гипотеза о том, что в Приморском крае наравне с отрицательной миграцией идёт замещение высококвалифицированных кадров на низкоквалифицированные, которая подтверждается в результате разработки индивидуальных стратегий приоритетного передвижения представителя каждой из рассмотренных групп, где целью является получение рабочего места или миграция из региона в случае её отсутствия. В ходе анализа полученного результата в качестве основной причины сложившейся ситуации рассмотрена проблема отсутствия в регионе вузов, удовлетворяющих потребность действующих и вновь создаваемых промышленных предприятий в квалифицированных кадрах. Предложено решение сложившейся проблемы, основанное на увеличении числа региональных вузов, ориентированных на удовлетворение данной потребности градообразующих предприятий.

Ключевые слова: математическая модель, безработные, обучающиеся, занятые, Приморский край, миграция, замещение высококвалифицированных кадров на низкоквалифицированные, социальные связи.

¹ Александр Сергеевич Лосев, кандидат физико-математических наук, доцент, старший научный сотрудник Института прикладной математики ДВО РАН, г. Владивосток, Россия.

Для цитирования: Лосев А.С. Моделирование динамики численности занятых, безработных и обучающихся Приморского края // Азиатско-Тихоокеанский регион: экономика, политика, право. 2019. № 2. С. 76–86.

© Лосев А. С., 2019

Alexandr S. Losev¹

Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russia

E-mail: A.S.Losev@yandex.ru

MODELLING THE DYNAMICS OF THE NUMBER OF EMPLOYED, UNEMPLOYED AND STUDENTS OF PRIMORSKY KRAI

Abstract. The article constructs the mathematical model of the dynamics of the employed, the unemployed and students of the programs of vocational secondary education and higher education in the territory of Primorsky Krai. The obtained model is used in the analysis of the negative migration situation when in the conditions of special attention from the state to the Far East and adoption of a number of federal orders and resolutions aimed at creating favorable conditions of its social and economic development, a stable outflow of economically active population is observed. The priority direction of inter-group population movement of the region is defined; the groups through which there is an outflow and inflow of the population to the region are revealed. The hypothesis has been suggested that in Primorsky Krai a negative migration is combined with the replacement of highly qualified personnel with low-skilled employees; this hypothesis is confirmed by the development of individual strategy of priority movement of the representative of each group where the purpose for receiving a workplace or migration from the region in case of its absence. Analysis of the obtained results has shown that the absence of higher education institutions satisfying requirement of the operating and newly established industrial enterprises for qualified personnel is the main reason for the current situation. The problem can be solved by increasing the number of the regional higher education institutions focused on satisfaction of this requirement of the city-forming enterprises.

Key words: mathematical model, unemployed, students, employed, Primorsky Krai, migration, replacement of highly qualified personnel with low-skilled employees, social connections.

Стремительное развитие информационных технологий и их внедрение в производственные процессы требуют от современного работника соответствующего уровня подготовки, который зачастую возможен только в результате получения среднего специального или высшего образования. С другой стороны, разработка

¹Alexandr S. Losev, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Senior Researcher at the Institute for Applied Mathematics FEB RAS, Vladivostok, Russia.

For citing: Losev, A. S. Modeling the dynamics of the number of employed, unemployed and students of Primorsky Krai // PACIFIC RIM: Economics, Politics, Law. 2019. № 2. P. 76–86.

таких образовательных программ и их реализация требуют времени. Помимо этого, в учебном учреждении должны быть соответствующие условия и материально-техническая база, что требует финансовых затрат. Поэтому современная система образования зачастую не успевает выпускать специалистов с нужным набором компетенций, так как сама подготовка тоже требует времени, в среднем четыре года. Отсюда, возникает высокий дефицит кадров в производственной сфере, требующей знания современного оборудования, что в целом негативно отражается на модернизации промышленного производства в стране и переходе к цифровой экономике.

В результате можно предположить, что залогом социально-экономического процветания того или иного региона становится не просто наличие градообразующего предприятия, но и учебных учреждений, которые поставляют квалифицированных работников и напрямую влияют на уровень модернизации этого предприятия. Подтверждением служит общий рост в стране образовательных учреждений высшего и среднего специального образования в период с 2000 г. по 2017 г. который, по данным Федеральной службы государственной статистики, в отношении высшего образования составил с 965 до 1 658 и среднего специального – с 2 684 до 3 612. Следовательно, одним из основных условий привлечения молодых специалистов в регионы является не только наличие рабочих мест и развитой социально-инфраструктуры, но и высшие учебные заведения, которые позволяют жить и работать в ногу со временем, формируя компетенции и навыки работы на современном оборудовании.

Особенно остро данная проблема наблюдается на территории Дальневосточного федерального округа, где происходит стабильный отток населения в центральные регионы страны. Со стороны государства принят ряд мер, направленных на перелом данной тенденции, особенно в условиях развития международного сотрудничества со странами Азиатско-Тихоокеанского региона. В частности, инициированы и запущены различные промышленные проекты, нацеленные на поднятие общих экономических показателей региона, а именно, добыча углеводородов (Сахалинский шельф), экспорт электроэнергии в Китай (Приморский край), нефтепровод «Сибирь – Тихий океан» и т.п. В рамках повышения социально-экономических показателей подписан ряд распоряжений и разработаны соответствующие стратегии [1], [3–8], нацеленные на создание благоприятной бизнес среды и повышение уровня благосостояния населения.

Однако общая тенденция остаётся без изменения, и количество жителей Дальнего Востока уменьшается каждый год в среднем на 10 000 человек в год. Соответственно возникает предположение о том, что повышение социально-экономических показателей региона за счёт развития отдельных направлений промышленного производства и создания новых рабочих мест является необходимым, но не достаточным условием остановки миграции населения из региона.

В настоящей работе рассматривается математическая модель динамики численности занятых, безработных, обучающихся по программе среднего специально-

го образования и по программе высшего образования на территории Приморского края, Дальнего Востока. Предпринимается попытка определить основные направления передвижения населения между рассматриваемыми группами и выявить группы, наиболее подверженные миграции. Проводится анализ стратегий передвижения людей между выделенными группами. Установлены причины повышенной миграции экономически активного и высококвалифицированного населения из Приморского края, предложены соответствующие пути решения.

По аналогии с математической моделью, разработанной в работе [9], составим модель динамики численности занятых, безработных, обучающихся по программе специального среднего образования и по программе высшего образования, которая имеет следующий вид:

$$\begin{cases} \dot{x} = b_0 + (k_0 + a_{01}y + a_{02}z + a_{03}v)x, \\ \dot{y} = b_1 + (k_1 + a_{10}x + a_{12}z + a_{13}v)y, \\ \dot{z} = b_2 + (k_2 + a_{20}x + a_{21}y + a_{23}v)z, \\ \dot{v} = b_3 + (k_3 + a_{30}x + a_{31}y + a_{32}z)v, \end{cases} \quad (1)$$

где x – численность безработных (Безработные) и скорость её изменения $\dot{x}$; y – среднегодовая численность занятых в экономике (Занятые) и скорость её изменения $\dot{y}$; z – численность студентов, обучающихся по программам подготовки специалистов среднего звена (Студенты СО), и скорость её изменения $\dot{z}$; v – численность студентов, обучающихся по программам бакалавриата, специалитета, магистратуры (Студенты ВО), и скорость её изменения $\dot{v}$. Коэффициенты модели (1) имеют следующую интерпретацию: $a_{ij}, i \neq j, i, j = 0, 1, 2, 3$ – характеризуют парные взаимодействия видов x, y, z, v , отражая направление потоков человеческого ресурса и их перераспределение между группами; $k_i, i = 0, 1, 2, 3$ – характеризуют обобщённую скорость изменения соответствующей группы населения; $b_i, i = 0, 1, 2, 3$ – характеризуют обобщённую скорость миграции соответствующей группы населения (рис. 1).

На основе данных Федеральной службы государственной статистики за 1995–2017 гг. о численности занятых, безработных, обучающихся по программе специального среднего образования и по программе высшего образования по Приморскому краю [9], определим коэффициенты модели (1). Поиск осуществляется методом наименьших квадратов, в программе Wolfram Mathematica, в результате минимизации следующей функции:

$$S(u) = \sum_{i=1}^n (x(t_i) - x(t_i, u))^2 + \sum_{i=1}^n (y(t_i) - y(t_i, u))^2 + \sum_{i=1}^n (z(t_i) - z(t_i, u))^2 + \sum_{i=1}^n (v(t_i) - v(t_i, u))^2 \rightarrow \min,$$

здесь $u = b_0, b_1, b_2, k_0, k_1, k_2, k_3, a_{01}, a_{02}, a_{03}, a_{10}, a_{12}, a_{13}, a_{20}, a_{21}, a_{23}, a_{30}, a_{31}, a_{32}$ – вектор искомых коэффициентов системы (1); $x(t_i), y(t_i), z(t_i), v(t_i)$ – фактические значения соответственных x, y, z, v в момент времени t_i ; $x(t_i, u), y(t_i, u), z(t_i, u), v(t_i, u)$ – решение системы (1) в момент времени t_i при подстановке коэффициентов из вектора u .

В результате, получена система следующего вида:

$$\begin{cases} \dot{x} = -0.262135 + (0.000258 + 0.001070y - 0.026836z - 0.001805v)x, \\ \dot{y} = 519.386 + (-0.664091 - 0.000134x + 0.003074z + 0.000463v)y, \\ \dot{z} = 7.00000 + (-0.008733 - 0.000393x - 0.000015y - 0.001640v)z, \\ \dot{v} = -11.8773 + (-0.255253 + 0.004527x - 0.000023y - 0.000136z)v. \end{cases} \quad (2)$$

Рис. 1. Общая схема модели

Полученная модель будет использована в анализе сложившейся ситуации, без прогнозирования, поэтому для оценки её качества достаточно определить уровень средней ошибки аппроксимации каждой переменной, по следующей формуле:

$$A = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{w_i - \tilde{w}_i}{w_i} \right| \cdot 100\%,$$

здесь $w_i, \tilde{w}_i$ соответствуют значениям $x(t_i), x(t_i, u)$ или $y(t_i), y(t_i, u)$ или $z(t_i), z(t_i, u)$ или $v(t_i), v(t_i, u)$ при вычислении показателя соответствующей переменной x, y, z, v [2].

В результате, качество полученной модели подтверждается низким уровнем средней ошибки аппроксимации 0.49% в случае группы Занятые и допустимыми значениями 8.7%, 9,8%, 5.68% в группах Безработные, Студенты СО и Студенты ВО соответственно.

Попарное сравнение коэффициентов a_{ij} и a_{ji} , характеризующих направление потоков человеческого ресурса между группами, позволяет выявить основные направления передвижения населения и установить, за счёт каких групп происходит миграция из региона и наоборот (рис. 2). А именно, миграция из региона происходит преимущественно за счёт безработных, а также студентов и выпускников высших образовательных учреждений. Следовательно, покидает регион в основном экономически активное население, представители которого либо потеряли работу, либо ещё не нашли. Пополнение региона происходит через обучающихся по программам подготовки специалистов среднего звена и свободные рабочие места. Анализ межгруппового передвижения в рамках региона показывает, что в регионе высокий спрос на рабочие специальности, так как присутствует передвижение из группы Студенты ВО в группу Студенты СО, хотя оно не является приоритетным или массовым.

Рис. 2. Схематическое представление приоритетного (сплошная линия) и не приоритетного (пунктирная линия) передвижения между группами

Таким образом, помимо общей миграции экономически активного населения из региона происходит смена высококвалифицированных кадров на неквалифицированные. Данное предположение подтверждается, если аналогичным образом рассмотреть возможные стратегии передвижения отдельно взятого представителя каждой группы по приоритетным направлениям. На рис. 3 изображены схемы соответствующего межгруппового передвижения, где начальное положение отмечено двойным прямоугольником.

Рис. 3. Схема приоритетных передвижений отдельно взятого представителя каждой группы

На основе данного представления составим перечень стратегий приоритетного передвижения представителя каждой группы (таб. 1), окончанием стратегии будем считать попадание человека в группу занятые (y) или миграцию из региона (M).

Таблица 1

**Перечень стратегий приоритетного передвижения
представителя каждой группы¹**

№	Безработные x	Занятые y	Студенты СО z	Студенты ВО v
1	$M;$	$M;$	$y;$	$M;$
2	$z \rightarrow y;$	$x \rightarrow M;$	$v \rightarrow M;$	$y;$
3	$v \rightarrow y;$	$z \rightarrow y;$	$v \rightarrow y;$	$y \rightarrow x \rightarrow M;$
4	$v \rightarrow M;$	$v \rightarrow y;$	$y \rightarrow x \rightarrow M;$	$y \rightarrow x \rightarrow z \rightarrow y;$
5	$z \rightarrow v \rightarrow y;$	$v \rightarrow M;$	$v \rightarrow y \rightarrow x \rightarrow M;$	$y \rightarrow x \rightarrow z \rightarrow y \rightarrow x \rightarrow M.$
6	$z \rightarrow v \rightarrow M;$	$z \rightarrow v \rightarrow y;$	$y \rightarrow x \rightarrow v \rightarrow M;$	
7	$v \rightarrow y \rightarrow x \rightarrow M;$	$z \rightarrow v \rightarrow M;$	$y \rightarrow x \rightarrow v \rightarrow y;$	
8	$z \rightarrow y \rightarrow x \rightarrow M;$	$v \rightarrow y \rightarrow x \rightarrow M;$	$y \rightarrow x \rightarrow v \rightarrow y \rightarrow x \rightarrow M.$	
9	$z \rightarrow v \rightarrow y \rightarrow x \rightarrow M.$	$z \rightarrow y \rightarrow x \rightarrow M;$		
10		$z \rightarrow v \rightarrow y \rightarrow x \rightarrow M.$		

В результате получается, что в среднем из региона мигрируют: Безработные – 67%, из них половина с образованием; занятые – 70%, из них 43% с образованием и 57% после потери работы; студенты СО – 62,5%, из них 80% после получения высшего образования, в результате потери работы или её отсутствия; студенты ВО – 60%, из них 67% после потери работы. Получается, что не менее 50 % населения, покидающего регион, являются люди с высшим образованием, т.е. происходит понижение общего уровня образованности, что естественным образом негативно отражается на развитии региона и способствует повышению криминогенной обстановки.

Одной из возможных причин сложившейся ситуации является несоответствие запроса со стороны работодателя и выпускника системы высшего образования. А именно – отсутствие тесной связи и взаимодействия в подготовке будущей квалифицированной рабочей силы. Как результат, число головных вузов на территории Приморского края за последние 20 лет уменьшилось почти в 2 раза, в то время как число предприятий и организаций увеличилось с 41 144 до 70 816 единиц. В то же время число средних специальных учебных учреждений увеличилось почти в два раза – с 36 до 58, демонстрируя соответствующий спрос со стороны работодателя и актуальность знаний, навыков и компетенций, которые получает выпускник.

Следовательно, наравне с действующими благоприятными условиями для абитуриента, которые позволяют ему поступать в любой вуз страны на основе результатов единого государственного экзамена, необходимо создавать ведущие вузы в регионах, которые будут ориентировать выпускников на предприятия регионов, восполняя их потребность в высококвалифицированных, зачастую узконаправлен-

¹ Рассчитано по рисунку 3.

ных кадрах. К примеру, в Приморском крае, помимо базовых направлений здравоохранение, образование, министерство внутренних дел и т.д., эту функцию выполняют Морской государственный университет имени адмирала Г. И. Невельского, Владивостокский филиал Российской таможенной академии и Дальневосточный государственный университет путей сообщения. Выпускники перечисленных вузов имеют высокий спрос на рынке труда в силу географических особенностей региона, которые включают удалённость от центра (высокая протяжённость путей сообщения), выход в бассейн Тихого океана (морское сообщение), граница со странами Азиатско-Тихоокеанского региона (Китай, Северная Корея, Япония). Но любые другие промышленные проекты и начинания основаны на привлечении рабочей силы со стороны, например, космодрома «Восточный», что естественным образом негативно отражается на миграционной составляющей в регионе и дальнейшей судьбе новых предприятий в плане их обслуживания и развития.

В заключение необходимо отметить, что, независимо от уровня развития информационных технологий и их степени участия в производстве, человеческий потенциал является определяющим. Поэтому в целях повышения конкурентоспособности высококвалифицированных работников в регионах необходимо наличие тесной связи между градообразующими предприятиями и образовательными учреждениями, особенно в системе высшего образования. Её наличие существенно снизит отток квалифицированных кадров, способствуя удовлетворению их профессиональных амбиций, и позитивно скажется на развитии регионов в целом.

Список литературы

1. О стратегии социально-экономического развития Приморского края до 2025 года : закон Приморского края от 20 октября 2008 г. № 324-КЗ : с изменениями на 2 февраля 2016 г. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/494219477> (дата обращения: 11.09.2019).
2. Кремер, Н. Ш. Эконометрика / Н. Ш. Кремер, Б. А. Путко. – Москва : ЮНИТИ-ДАНА, 2005. – 311 с.
3. О Министерстве Российской Федерации по развитию Дальнего Востока : постановление Правительства РФ от 30 июня 2012 г. № 664. – URL: <http://base.garant.ru/70196982> (дата обращения: 11.09.2019).
4. Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Социально-экономическое развитие Дальнего Востока и Байкальского региона» : постановление Правительства РФ от 15 апреля 2014 г. № 308 : ред. от 31 августа 2018 г. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_162190 (дата обращения: 18.07.2019).
5. Об утверждении Плана информатизации Министерства Российской Федерации по развитию Дальнего Востока на 2019 финансовый год и плановый период

2020 и 2021 гг. : приказ Минвостокразвития России от 25 февраля 2019 г. № 29. – URL: <http://ppt.ru/docs/prikaz/minvostokrazvitiya/n-29-212261> (дата обращения: 18.07.2019).

6. Об утверждении Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года : распоряжение Правительства РФ от 17 ноября 2008 г. № 1662-р : с изменениями на 8 августа 2009 г. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/902130343> (дата обращения: 18.07.2019).

7. О территориях опережающего социально-экономического развития в Российской Федерации : Федеральный закон от 29 декабря 2014 г. № 473. – URL: <http://base.garant.ru/70831204> (дата обращения: 18.07.2019).

8. Федеральная служба государственной статистики. – URL: <http://www.gks.ru> (дата обращения: 11.09.2019).

9. Хавинсон, М. Ю. Моделирование динамики численности занятых, безработных и экономически неактивного населения в регионе с учётом социальных связей // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. : Экономика и Управление. – 2016. – № 4. – С. 178–188.

References

1. *On the strategy of socio-economic development of the Primorsky Territory until 2025: Law of the Primorsky Territory of October 20, 2008 No. 324-KZ: as amended on February 2, 2016.* Available at: <http://docs.cntd.ru/document/494219477> (accessed 09 November 2019). (In Russian).

2. Kremer N.S., Putko B.A. *Ekonometrika* [Econometrics]. Moscow: UNITY-DANA Publ., 2005. 311 p.

3. *On the Ministry of the Russian Federation for the Development of the Far East: Decree of the Government of the Russian Federation of June 30, 2012 No. 664.* Available at: <https://base.garant.ru/70196982> (accessed 11 November 2019). (In Russian).

4. *On approval of the state program of the Russian Federation «Socio-economic development of the Far East and the Baikal region»: Decree of the Government of the Russian Federation of April 15, 2014 No. 308: ed. dated August 31, 2018.* Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_162190 (accessed 18 July 2019). (In Russian).

5. *On approval of the Informatization Plan of the Ministry of the Russian Federation for the Development of the Far East for the 2019 financial year and the planning period 2020 and 2021: Order of the Ministry for the Development and Development of Russia of February 25, 2019 No. 29.* Available at: <http://ppt.ru/docs/prikaz/minvostokrazvitiya/n-29-212261> (accessed 18 June 2019). (In Russian).

6. *On approval of the Concept of long-term socio-economic development of the Russian Federation for the period until 2020: Decree of the Government of the Russian Fed-*

eration of November 17, 2008 No. 1662-p: as amended on August 8, 2009. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/902130343> (accessed 18 July 2019). (In Russian).

7. *On territories of advanced social and economic development in the Russian Federation: Federal Law of December 29, 2014 No. 473*. Available at: <http://base.garant.ru/70831204> (accessed 18 July 2019). (In Russian).

8. *Federal State Statistics Service*. Available at: <http://www.gks.ru> (accessed 11 September 2019). (In Russian).

9. Khavinson M.Yu. Modelirovanie dinamiki chislennosti zanyatykh, bezrabotnykh i ekonomicheski neaktivnogo naseleniya v regione s uchetom sotsial'nykh svyazei [Modeling the dynamics of the number of employed, unemployed and economically inactive population in the region, taking into account social ties]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser.: Ekonomika i Upravlenie* [Bulletin of Voronezh State University. Ser. Economics and Management], 2016, no. 4, pp. 178–188.