

12.11.2013 г.

Е.В. Молчанова<sup>1</sup>, М.М. Кручек<sup>2</sup>

## Математические методы оценки факторов, влияющих на состояние здоровья населения в регионах России (панельный анализ)

<sup>1</sup>ФГБУН Институт экономики Карельского научного центра РАН, Петрозаводск

<sup>2</sup>Петрозаводский государственный университет

E.V. Molchanova<sup>1</sup>, M.M. Kruchek<sup>2</sup>

## Mathematical methods to assess factors affecting population health in the Russian regions (panel analysis)

<sup>1</sup>Institute of economics of the Karelian Research centre of the Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk

<sup>2</sup>Petrozavodsk state university

**Резюме.** Здоровье – основа общественного благополучия нации, ее экономического и социального процветания. Исследование социально-экономических, экологических и психологических факторов, влияющих на медико-демографические тенденции, является актуальной задачей для современного научного сообщества. Сложность проблемы заключается в том, что она носит междисциплинарный характер и для ее разрешения необходимы усилия специалистов из разных областей знания, в том числе важным является применение методов математической статистики.

**Цель работы.** В статье установлены факторы, оказывающие существенное влияние на основной индикатор здоровья населения – ожидаемую продолжительность предстоящей жизни.

**Методы или методология проведения работы.** Информационной базой служили данные Росстата («Регионы России», «Здравоохранение в России»). На первом этапе анализа информация по 80 субъектам РФ за 2005-2010 гг. была сформирована в виде специальной системы, включающей в себя следующие блоки: медико-демографические показатели, социально-демографический состав населения, социально-экономическое развитие, доступность медицинских услуг, экология и природно-климатические условия, социальный стресс. На втором этапе исследования, на основании предварительного анализа, были отобраны наиболее важные признаки. После чего они были разбиты на группы таким образом, чтобы внутри группы факторов корреляция была достаточно большая, а между – маленькая. Одним из методов, который позволяет провести такую операцию, является метод корреляционных плеяд. Построение корреляционных плеяд позволило выделить две основные группы признаков: социально-экономические показатели и факторы социального стресса. Затем был применен метод регрессионного анализа по панельным данным. Панельные данные (Panel Data) состоят из наблюдений одних и тех же экономических единиц или объектов (фирмы, регионы, страны и т.п.) и осуществляются в последовательные периоды времени. Благодаря специальной структуре панельные данные позволяют строить более гибкие и содержательные модели. В научной литературе выделяют три модели регрессии по панельным данным: объединенная модель регрессии (pooled model), модель

регрессии с фиксированными эффектами (fixed effect model), модель регрессии со случайными эффектами (random effect model).

**Выводы и результаты работы.** В результате проведенных в статье расчетов удалось установить, что регрессионная модель с фиксированными эффектами позволяет получить значимый и обоснованный вариант моделирования, который можно использовать для оценки основного демографического индикатора – ожидаемой продолжительности предстоящей жизни в регионах России в зависимости от показателей социально-экономического развития, медицинского обслуживания и фактора социального стресса.

**Область применения результатов.** Результаты исследования позволяют выявить направления для снижения социально-экономического бремени болезни и улучшения качества жизни населения.

**Ключевые слова:** медико-демографическая ситуация; регион; здоровье; ожидаемая продолжительность жизни; причины смертности.

**Summary.** Health is the basis for public wellbeing of the nation, its economic and social prosperity. Study of the social and economic, environmental and psychological factors that affect medical and demographic trends is a topical issue for the modern scientific community. Complexity of this problem is that it is interdisciplinary in nature and its solution requires joint efforts of experts in different fields of knowledge; application of methods of mathematical statistics is important as well.

**The aim of the work.** The article identifies factors that have significant impact on the main health indicator—life expectancy.

**Methods.** The study is based on the Rosstat data ("Regions of Russia", "Health care in Russia"). At the first phase of the analysis information on the constituent entities of the Russian Federation for 2005-2010 was presented in the form of a special system that includes the following blocks: medico-demographic indicators, social and demographic structure of the population, social and economic development, access to medical services, climatic and natural conditions, and social stress. At the second phase, proceeding from the preliminary analysis, the most significant characteristics were selected. Then they were divided into groups so that the intra-group correlation of factors was relatively big, but small between. Method of correlation pleiades is one of the methods allowing for such operation. Creation of correlation pleiades helped to distinguish two main groups of characteristics: socio-economic indicators and social stress factors. This was followed by the panel data regression analysis. Panel data consist of observations of the same economic units or objects (firms, regions, countries, etc.), that are implemented in successive periods of time. Thanks to special structure the panel data allow to develop more flexible and substantial models. Scientific literature distinguishes three regression models according to panel data: pooled model, fixed effect model, and random effect model.

**Results and Conclusions.** Calculations outlined in the article found out that the fixed effect model helps to get a meaningful and valid simulation option, which can be used to evaluate the main demographic indicator - life expectancy in the Russian regions, depending on the socio-economic development, health care and social stress factor

**Scope of application.** The study results help to identify areas of work to decrease social and economic burden of diseases and improve quality of life of the population.

**Keywords:** medico-demographic situation; region; health; life expectancy; causes of death.

На состояние здоровья индивидуума и общества в целом влияет множество разнообразных рисков: генетических, биологических, социально-экономических, экологических. Понимание и оценка факторов, определяющих медико-демографические

тенденции, особенно важна с позиции управления социально-демографическими и экономическими процессами и формирования качества человеческого потенциала. Факторы общественного здоровья находятся в прямой взаимосвязи с причинами, определяющими соответствующее состояние каждого человека (индивидуальное здоровье). Современное развитие социальных наук показало, что здоровье является не только медико-биологическим феноменом. В характеристике и критериях здоровья должны быть рассмотрены демографические, социальные, психологические, культурные, экономические и политические факторы.

Медико-демографические данные в России свидетельствуют об усугубляющемся кризисе народонаселения и общественного здоровья. Население России не только уменьшается, но и становится все менее здоровым, а значит, теряет способность служить движущей силой экономического возрождения страны [1, 2, 5, 10, 11]. Таким образом, исследование социально-экономических, психологических и экологических факторов, влияющих на состояние здоровья населения регионов России, является актуальной задачей для современного научного сообщества.

Важнейшей характеристикой человеческого потенциала и состояния здоровья можно считать показатель ожидаемой продолжительности предстоящей жизни (ОППЖ). Ожидаемая продолжительность предстоящей жизни (ОППЖ – показатель, рассчитываемый на основе таблиц дожития) в агрегированном виде характеризует, с одной стороны, уровень смертности, с другой – дает возможность адекватного сопоставления уровней смертности между любыми территориями. Ожидаемая продолжительность предстоящей жизни рассматривается в качестве одного из базовых индикаторов социально-экономического благополучия населения [10, 11].

Демографические индикаторы являются основными для оценки состояния здоровья населения России, которое обладает очень высокой региональной спецификой. Наиболее высокое значение показателя ожидаемой продолжительности предстоящей жизни (ОППЖ) отмечается в Южном федеральном округе, а наименьшее – в Сибирском и Дальневосточном федеральных округах. Однако, степень полноты регистрации смертей, а также достоверность оценок численности населения в некоторых регионах Северного Кавказа, остаются под вопросом. Так, например, вызывают большие сомнения, опубликованные значения показателей ОППЖ населения в республиках Ингушетии (78,3 лет), Чеченской (73,2 лет), Дагестане (74 года), которые сопоставимы с показателями за тот же год в Японии, Финляндии и Германии. Кроме того, структура заболеваемости, болезненности и смертности сильно отличается для территорий с более молодым и более старым населением.

Среди математических методов, используемых при решении задач взаимосвязи здоровья населения с социально-экономическими и экологическими факторами, значительное место занимают методы математической статистики. В наибольшей степени задачам количественной оценки отвечают, среди статистических методов, методы корреляционного и регрессионного анализа. Анализ имеющейся в открытой печати медико-демографической информации показывает, что многие характеристики здоровья населения и факторов риска выражаются, с точки зрения математики, количественными непрерывными переменными. Именно для такого типа переменных применяются методы корреляционного и регрессионного анализа.

Не менее важной проблемой медико-демографических исследований является задача комплексного учета факторов риска при их совместном действии на организм человека. Состояние общественного и индивидуального здоровья имеет многофакторную природу, поэтому важной задачей является математическая оценка действия нескольких факторов риска одновременно [7]. Эта проблема также решается методами многофакторного

регрессионного анализа. При этом, существующие методики статистических исследований требуют существенных дополнений, когда речь идет о задачах медико-демографического анализа (в плане идеологии постановки задачи исследования и трактовки получаемых результатов). Поэтому совершенствование и применение многофакторных методик для комплексной оценки состояния здоровья населения в связи с воздействием социально-экономических и экологических факторов представляется весьма актуальной.

Целью данной работы является выявление факторов, влияющих на ОППЖ в регионах России. Информационной базой служили данные Росстата («Регионы России», «Здравоохранение в России») [3, 9]. На первом этапе анализа информация по 80 субъектам Российской Федерации за 2005-2010 гг. (из рассмотрения были исключены автономные округа в связи с не полной экономической информацией по этим субъектам) была сформирована в виде специальной системы, состоящей из следующих блоков: социально-демографический состав населения, экология и природно-климатические условия, социально-экономическое развитие, доступность медицинских услуг, медико-демографические показатели, социальный стресс.

На втором этапе исследования, на основании предварительного анализа, были отобраны наиболее важные признаки. После чего они были разбиты на группы таким образом, чтобы внутри группы факторов корреляция была достаточно большая, а между – маленькая. Одним из методов, который позволяет провести такую операцию, является метод корреляционных плеяд, который предназначен для нахождения таких групп признаков – «плеяд», когда корреляционная связь, т.е. сумма модулей коэффициентов корреляции между параметрами одной группы (внутриплеядная связь) достаточно велика, а связь между параметрами из разных групп (межплеядная) – мала. По определенному правилу по корреляционной матрице признаков образуют чертеж – граф, который затем с помощью различных приемов разбивают на подграфы. Элементы, соответствующие каждому из подграфов, и образуют плеяду (табл. 1).

Таблица 1

**Характеристика и разбиение признаков по плеядам (пороговый коэффициент корреляции для разбиения на плеяды выбран равным 0,62)**

№	Обозначение	Характеристика признака	Характеристика плеяды
1	VRP	Валовой региональный продукт (ВРП) на душу населения (руб.)	Первая плеяда признаков (экономические условия)
2	Dohod	Среднедушевой денежный доход населения (руб.)	
3	P_min	Величина прожиточного минимума (руб.)	
4	K_min	Отношение среднедушевых денежных доходов населения к величине прожиточного минимума в регионе, раз	
5	Mob	Мобильность рабочей силы – рассчитывается как отношение числа увольнений и наймов к среднегодовой численности занятых в экономике (%)	Вторая плеяда признаков (социальный стресс)
6	Br_raz	Соотношение браков и разводов (на 1000 браков приходится разводов)	
7	Bezr	Уровень безработицы (%)	
8	Urbo	Удельный вес городского населения в общей численности населения (%)	Группа одиночных признаков, не образующих взаимосвязанных плеяд
9	Abort	Прерывание беременности (аборты) (на 1000 женщин в возрасте 15-49 лет)	
10	U_Alk	Численность больных алкоголизмом и алкогольными психозами, состоящих на учете в лечебно-профилактических учреждениях (на 100 тыс. человек населения)	

11	Vrachi	Численность врачей (на 10 тыс. человек населения)
12	Vibr	Удельная плотность выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух отходящих от стационарных источников (тыс. тонн/км <sup>2</sup> в год)
13	U_Psih	Численность больных психическими расстройствами и расстройствами поведения, состоящих на учете в лечебно-профилактических учреждениях (на 100 тыс. человек населения)
14	Bedn	Численность населения с денежными доходами ниже величины прожиточного минимума (%)

Построение корреляционных плеяд позволило выделить две основные группы признаков: социально-экономические показатели и факторы социального стресса. Остальные индикаторы представляют одиночные группы признаков. Следует отметить, что полученные плеяды не дублируют блоки разработанной специальной системы хранения данных. Соответственно в регрессионную модель целесообразно включать факторы из разных плеяд или одиночные признаки, что и было выполнено в дальнейших исследованиях.

Исходные данные представляют собой панель, содержащую наблюдения в 80 регионах России в течение шести лет. Дальнейшее исследование влияния различных факторов на ОППЖ проводилось методом регрессионного анализа по панельным данным. Остановимся на нем подробнее.

Панельные данные (Panel Data) состоят из наблюдений одних и тех же экономических единиц или объектов (индивидуумы, домашние хозяйства, фирмы, регионы, страны и т.п.), которые осуществляются в последовательные периоды времени. Таким образом, панельные данные сочетают в себе как данные пространственного типа (cross-section data), так и данные типа временных рядов (time-series data): в каждый момент времени имеются данные пространственного типа по экономическим единицам, и для каждого объекта соответствующие ему данные образуют один или несколько временных рядов. Благодаря специальной структуре панельные данные позволяют строить более гибкие и содержательные модели и получать ответы на вопросы, которые недоступны только в рамках, например, моделей, основанных на пространственных данных. В частности, возникает возможность учитывать и анализировать индивидуальные отличия между экономическими единицами, что нельзя сделать в рамках стандартных регрессионных моделей [6, 12].

Для России основными источниками панельных данных служат данные Росстата по регионам России за определенный период лет, а также проект RLMS ([www.crc.unc.edu/rlms/project](http://www.crc.unc.edu/rlms/project)) – Российский мониторинг экономического состояния и здоровья населения.

Выделяют три модели регрессии по панельным данным [6, 12]:

1. объединенная модель регрессии (pooled model),
2. модель регрессии с фиксированными эффектами (fixed effect model),
3. модель регрессии со случайными эффектами (random effect model).

Введем следующие обозначения. Пусть  $y_{it}$  – зависимая переменная для экономической единицы  $i$  в момент времени  $t$ ,  $x_{it}$  – набор объясняющих (независимых) переменных (вектор размерности  $k$ ) и  $\varepsilon_{it}$  – соответствующая ошибка,  $i=1, \dots, n, t=1, \dots, T$ .

Простейшая модель – это обычная линейная модель регрессии [6, 12]:

$$y_{it} = \alpha + x'_{it}\beta + \varepsilon_{it}, \quad (1)$$

где  $i$  – номер объекта (например, в нашем случае региона страны),  $t$  – время (у нас 2005-2010 гг.),  $\alpha$  – свободный член,  $\beta$  – вектор коэффициентов,  $x'_{it}$  – вектор-строка матрицы объясняющих переменных, которая, по существу, не учитывает панельную структуру данных. При этом предполагается, что все ошибки  $\varepsilon_{it}$  некоррелированы между собой как по  $i$ , так и по  $t$ , и некоррелированы со всеми объясняющими переменными  $x_{it}$ . Эта модель носит название объединенной модели регрессии (pooled model).

Учесть при моделировании индивидуальные различия между экономическими единицами возможно, предположив, что случайная ошибка имеет вид:

$$\varepsilon_{it} = u_i + v_{it}, \varepsilon \quad (2)$$

где  $u_i$  – ненаблюдаемые индивидуальные эффекты, а  $v_{it}$  – остаточное возмущение. Большинство приложений панельных данных использует именно такую модель случайной ошибки.

Заметим, что  $u_i$  не зависят от времени и отвечают за характеристики объектов, которые не включены в регрессию непосредственно. Остаточное возмущение  $v_{it}$  меняется в зависимости от времени и объектов, и может рассматриваться как обыкновенная случайная составляющая в регрессии.

Регрессия «between» представляет собой переписанную в терминах усредненных значений переменных исходную модель (1), которая оценивается с помощью метода наименьших квадратов:

$$y_{i\cdot} = \alpha + x'_{i\cdot}\beta + u_i + v_{i\cdot}, \quad (3)$$

где  $y_{i\cdot} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T y_{it}$ ,  $x'_{i\cdot} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T x'_{it}$ ,  $v_{i\cdot} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T v_{it}$  – усредненные

по времени для  $i$ -го объекта значения переменных и случайной составляющей.

Модель с фиксированным эффектом (fixed effect model) описывается уравнением:

$$y_{it} = \alpha + x'_{it}\beta + u_i + v_{it}, \quad (4)$$

где переменные  $u_i$  – параметры, не зависящие от  $t$ , остаточные возмущения  $v_{it}$  – независимые одинаково распределенные случайные величины  $IID(0, \sigma_\varepsilon^2)$  и  $x_{it}$  –

предполагаются независимыми от  $v_{it}$  для всех  $i$  и  $t$ . Считают, что эту модель целесообразно использовать, если выбирается уникальный набор  $N$  регионов. Выводы в этом случае обусловлены особенностями рассматриваемых регионов [6, 12].

Перейдем в уравнении (4) к средним по времени величинам:

$$y_{i\cdot} = \alpha + x'_{i\cdot}\beta + u_i + v_{i\cdot}, \quad (5)$$

Вычитая почленно (4) из (5), получим:

$$y_{it} - y_{i\cdot} = (x_{it} - x_{i\cdot})' \beta + (v_{it} - v_{i\cdot}). \quad (6)$$

Это внутригрупповое преобразование («within transformation») позволяет исключить из уравнения ненаблюдаемые индивидуальные эффекты, а затем оценивать коэффициенты  $\beta$  методом наименьших квадратов.

Пусть  $y_{..} = \frac{1}{NT} \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T y_{it}$ ,  $x_{..} = \frac{1}{NT} \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T x_{it}$  При условии

$$\sum_{i=1}^N u_i = 0 \quad [12] \text{ из (4) получаем:}$$

$$y_{..} = \alpha + x_{..} \hat{\beta} + v_{..} \quad (7)$$

Тогда в качестве оценок  $\alpha$  и индивидуальных эффектов можно взять:

$$\hat{\alpha} = y_{..} - x_{..} \hat{\beta}, \quad \hat{u}_i = y_{i\cdot} - \hat{\alpha} - x_{i\cdot} \hat{\beta}. \quad (8)$$

Модель со случайными эффектами (random effects model) основывается на другом подходе к интерпретации переменных. Предполагается, что индивидуальные отличия носят случайный характер. Эту модель можно рассматривать как компромисс между объединенной регрессией, налагающей сильное ограничение гомогенности на все коэффициенты уравнения регрессии для любых  $i$  и  $t$ , и регрессией с фиксированными эффектами, которая позволяет для каждого объекта выборки ввести свою константу и, таким образом, учесть существующую в реальности, но ненаблюдаемую гетерогенность. Модель со случайными эффектами применяется в том случае, если выбирают случайным образом  $N$  объектов из генеральной совокупности элементов, например, в случае исследований панелей домашних хозяйств, индивидуумов или мелких фирм.

Для стандартных моделей регрессии одним из индикаторов качества подгонки является коэффициент детерминации или скорректированный коэффициент детерминации. Коэффициент детерминации интерпретируется как доля объясненной вариации зависимой переменной. Для моделей с панельными данными это понятие требует уточнения и модификации.

Заметим, что в случае панельных данных выборочная дисперсия зависимой переменной представима в виде суммы:

$$\frac{1}{NT} \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T (y_{it} - y_{..})^2 = \frac{1}{NT} \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T (y_{it} - y_{i\cdot})^2 + \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_{i\cdot} - y_{..})^2 \quad (9)$$

Первое слагаемое в правой части является внутригрупповой, а второе – межгрупповой выборочной дисперсией. Соответственно для данной оценки коэффициентов панельной регрессии можно определить три коэффициента детерминации – внутригрупповой (within), межгрупповой (between) и общий (overall):

$$R_{within}^2 = r^2(y_{it} - y_{i\cdot}, \hat{y}_{it} - \hat{y}_{i\cdot}), \quad (10)$$

$$R_{between}^2 = r^2(y_{i\cdot}, \hat{y}_{i\cdot}), \quad (11)$$

$$R_{overall}^2 = r^2(y_{it}, \hat{y}_{it}), \quad (12)$$

где  $\hat{y}_{it} = \hat{x}'_{it}\hat{\beta}$ ,  $\hat{y}_{i\cdot} = \hat{x}'_{i\cdot}\hat{\beta}$ ,  $r^2(\cdot, \cdot)$  – выборочный коэффициент корреляции.

Коэффициенты детерминации в моделях с панельными данными следует применять для сравнения моделей, отличающихся набором регрессоров и оцениваемых одним и тем же методом. Регрессионный анализ по панельным данным реализован в статистическом пакете Stata [8], который был использован нами при проведении расчетов.

При работе с панельными данными всегда возникает проблема, какую модель (объединенную регрессию, фиксированным или случайным эффектом) следует выбрать. На содержательном уровне разницу между моделями можно интерпретировать следующим образом. Объединенная модель предполагает, что у экономических единиц нет индивидуальных различий, и в некоторых простых ситуациях такое предположение оправдано. В модели с фиксированным эффектом считается, что каждая экономическая единица уникальна и не может рассматриваться как результат случайного выбора из некоторой генеральной совокупности. Такой подход вполне справедлив, когда речь идет о странах, крупных регионах, отраслях промышленности, больших предприятиях. Если же объекты попали в панель в результате выборки из большой совокупности, то приемлемой является модель со случайным эффектом. Примером могут служить небольшие фирмы, домашние хозяйства, индивидуумы. Следует, однако, подчеркнуть, что и в подобных ситуациях (особенно для небольшого числа экономических единиц) может возникнуть вопрос о наличии индивидуальных различий, и тогда модель с фиксированными эффектом представляется более предпочтительной [6, 8, 12].

Помимо содержательных соображений существуют статистические критерии, позволяющие частично решить проблему выбора модели с помощью стандартной техники проверки гипотез. Для выбора модели, которая наиболее адекватна анализируемым данным, обычно проводят попарное сравнение оцененных моделей.

1. Модель объединенной регрессии против модели с фиксированным эффектом (тест Вальда). Тестирование может быть осуществлено с помощью хорошо известного F-критерия. Критерий Вальда проверяет гипотезу о равенстве нулю всех индивидуальных эффектов. Статистический пакет Stata автоматически проверяет данную гипотезу одновременно с оцениванием модели с фиксированными эффектами и выводит результат в последней строке таблицы.

2. Модель объединенной регрессии против модели со случайным эффектом (тест Бройша-Пагана). Тест Бройша-Пагана является тестом на наличие случайного индивидуального эффекта и проверяет гипотезу

$$H_0 : \text{Var}(u_i) = 0, i = 1, \dots, N \quad \text{против альтернативы}$$

$$H_1 : \text{Var}(u_i) \neq 0, i = 1, \dots, N$$

3. Регрессия со случайным эффектом против регрессии с фиксированным эффектом (тест Хаусмана). В модели со случайными эффектами предполагается, что индивидуальные эффекты не коррелируют с объясняющими переменными. В тесте

проверяется гипотеза  $H_0 : \text{corr}(u_i, x_{it}) = 0, i = 1, \dots, N, t = 1, \dots, T$

против альтернативы  $H_1 : \text{corr}(u_i, x_{it}) \neq 0, i = 1, \dots, N, t = 1, \dots, T$

Проведен регрессионный анализ медико-демографических данных по 80 субъектам РФ за 2005-2010 гг. В ряде работ было установлено, что ожидаемая продолжительность предстоящей жизни (ОПЖ) во многом определяется социально-экономическими условиями, существующими в регионе [2, 10, 11]. В свою очередь, уровень и качество жизни населения можно охарактеризовать таким показателем, как среднедушевой денежный доход населения. Он косвенно свидетельствует о возможностях семьи (питании, жилищных условиях, образовательном уровне и т.д.).

Построим регрессионную модель зависимости ОПЖ (лет) от факторов, включающих в себя показатели из трех блоков (социально-экономическое развитие, доступность медицинских услуг и социальный стресс):

$$Q = AK^\alpha L^\beta P^\gamma, \quad (13)$$

где  $Q$  – ОПЖ (лет),  $K$  – среднедушевой денежный доход населения (руб.),  $L$  – численность врачей (на 10 тыс. чел.),  $P$  – соотношение браков и разводов (на 1000 браков приходится разводов),  $A, \alpha, \beta, \gamma$  – параметры модели. Модель (13) является модификацией производственной функции Кобба-Дугласа, которая достаточно широко используется в социально-экономических исследованиях. Результаты расчетов представлены в табл. 2 – 5.

Таблица 2

**Объединенная регрессия для логарифма ОПЖ и логарифма социально-экономических факторов**  
( $F(3,396)=53,44$ ;  $Prob>F=0,0000$ ;  $R\text{-squared}=0,2882$ ;  $Adj\ R\text{-squared}=0,2828$ )

ОПЖ (лет)	Coef.	Std. Err	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
Логарифм среднедушевого денежного дохода	0,0297598	0,0049128	6,06	0,000	0,020101	0,039418
Логарифм численности врачей (на 10 тыс. чел.)	-0,0048069	0,0098509	-0,49	0,626	-0,024173	0,014559
Логарифм соотношения браков и разводов (на 1000 браков приходится разводов)	-0,0677392	0,0058523	-11,57	0,000	-0,079244	-0,05623
Логарифм константы	4,367383	0,0462902	94,35	0,000	4,276377	4,458388

Таблица 3

**Регрессия «between» для логарифма ОПЖ и логарифма социально-экономических факторов**  
( $F(3,76)=10,81$ ;  $Prob>F=0,0000$ ;  $R\text{-sq: within}=0,1260$ ;  $between=0,2990$ ;  $overall=0,2123$ )

ОПЖ (лет)	Coef.	Std. Err	T	P> t	[95% Conf. Interval]	
Логарифм среднедушевого денежного дохода	-0,0023487	0,0140036	09,17	0,867	-0,030239	0,025542
Логарифм численности врачей (на 10 тыс. чел.)	0,0135418	0,0212154	0,64	0,525	-0,028712	0,055796
Логарифм соотношения браков и разводов (на 1000 браков приходится разводов)	-0,0639111	0,012422	-5,15	0,000	-0,088651	-0,03917
Логарифм константы	4,567067	0,1119966	40,78	0,000	4,344006	4,790127

Таблица 4

**Регрессия с фиксированными эффектами для логарифма ОПЖ и логарифма социально-экономических факторов**  
( $F(3,317)=386,11$ ;  $Prob>F=0,0000$ ;  $R\text{-sq: within}=0,7851$ ;  $between=0,0000$ ;  $overall=0,0488$ ;  $Corr(u_i, X_b)=-0,4388$ )

ОПЖ (лет)	Coef.	Std. Err	T	P> t	[95% Conf. Interval]	
Логарифм среднедушевого денежного дохода	0,0600137	0,001931	30,89	0,000	0,0561907	0,063836
Логарифм численности врачей (на 10 тыс. чел.)	0,0334423	0,0224488	1,48	0,139	-0,010922	0,077806
Логарифм соотношения браков и разводов (на 1000 браков приходится разводов)	-0,0293209	0,0077998	-3,76	0,000	-0,044666	-0,01397

браков приходится разводов)						
Логарифм константы	3,702842	0,0839549	44,11	0,000	3,537663	3,868021
sigma_u sigma_e rho	0,050214554	0,01028061	0,95977033			
F test that all u_i=0: F(79,317)=76,04 Prob>F=0,0000						

Таблица 5

**Регрессия со случайным эффектом для логарифма ОППЖ и логарифма социально-экономических факторов**  
**(Wald chi2(3)=1043,40; Prob>chi2=0,0000; R-sq: within=0,7791; between=0,0526; overall=0,1513; Random effects u\_i - Gaussian, corr(u\_i,X)=0)**

ОППЖ (лет)	Coef.	Std. Err	Z	P> z	[95% Conf. Interval]	
Логарифм среднедушевого денежного дохода	0,0612502	0,0019451	31,49	0,000	0,0574379	0,0650624
Логарифм численности врачей (на 10 тыс. чел.)	-0,0103968	0,0152905	-0,68	0,497	-0,040365	0,019572
Логарифм соотношения браков и разводов (на 1000 браков приходится разводов)	-0,0427604	0,0068958	-6,20	0,000	-0,056275	-0,029244
Константа	3,943539	0,0581416	67,83	0,000	3,829584	4,057494
sigma_u sigma_e rho	0,03772619	0,0102028061	0,93087375	(fraction of variance due to u_i)		

Коэффициент детерминации в модели объединенной регрессии незначителен ( $R^2=0,2882$ ), чтобы считать выбранную модель адекватно описывающей зависимость логарифма ОППЖ от логарифма социально-экономических факторов. Кроме того, в модели объединенной регрессии, в модели «between» и в модели со случайными эффектами получились отрицательные коэффициенты при логарифмах двух переменных (численности врачей (на 10 тыс. чел.) и среднедушевых денежных доходов населения (руб.)), что не соответствует социально-экономическому смыслу показателей. Заметим, что в моделях регрессии и с фиксированным, и со случайным эффектами  $R^2_{within}$  существенно выше  $R^2_{between}$  и  $R^2_{overall}$ . Это свидетельствует о том, что на ОППЖ большее влияние оказывают изменения регрессора со временем, чем межрегиональные изменения.

Тесты Вальда, Бройша-Пагана и Хаусмана дали следующие результаты:

1. *Тест Вальда (объединенная регрессия против регрессии с фиксированным эффектом)*. Результаты теста представлены в последней строке табл. 4: значение критерия составляет  $F(79,317)=76,04$ , уровень значимости  $p=0,0000$ . Поскольку  $p$ -уровень меньше 0,01, то основная гипотеза отвергается. Таким образом, регрессионная модель с фиксированными эффектами лучше подходит для описания данных, чем модель объединенной регрессии.

2. *Тест Бройша-Пагана (объединенная регрессия против регрессии со случайным эффектом)*. В данном случае значение критерия  $\chi^2=576,20$ , уровень значимости  $p=0,0000$ . Поскольку  $p$ -уровень меньше 0,01, то основная гипотеза отвергается. Таким образом, модель со случайными эффектами лучше описывает наши данные, чем модель объединенной регрессии.

3. *Тест Хаусмана (случайный эффект против фиксированного эффекта)*. В данном случае нулевая гипотеза предполагает отсутствие различий коэффициентов, значение критерия  $\chi^2=18,94$ , уровень значимости  $p=0,0003$ . Поскольку  $p$ -уровень меньше 0,01, то основная гипотеза отвергается. Таким образом, модель с фиксированными эффектами лучше описывает наши данные, чем модель со случайными эффектами.

Таким образом, именно регрессионная модель с фиксированными эффектами при учете структуры панельных данных позволяет получить значимый и обоснованный вариант

моделирования, который можно использовать для оценки основного демографического индикатора – ожидаемой продолжительности предстоящей жизни в регионах России в зависимости от показателей социально-экономического развития, медицинского обслуживания и фактора социального стресса.

Возможны также другие варианты регрессионных моделей с фиксированными эффектами по панельным данным [4]. Как уже было установлено, на значение показателя ОППЖ оказывает влияние не только каждый фактор в отдельности, а их совокупность. Поэтому целесообразно воспользоваться многофакторным статистическим анализом для установления такой взаимосвязи (регрессионным анализом по панельным данным с использованием модели с фиксированными эффектами). В табл. 6 представлен пример такой зависимости.

Таблица 6

**Регрессия с фиксированным эффектом для ОППЖ, социально-экономических факторов и показателей социального стресса для регионов России**  
**(F(3,397)=443,89; Prob>F=0,0000; R-sq: within=0,7703; between=0,0020; overall=0,0227; corr(u\_i, Xb)=-0,5486)**

ОППЖ (лет)	Coef.	Std. Err	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
Логарифм ВРП на душу населения (руб)	3,834109	0,1319635	29,05	0,000	3,574674	4,093543
Алкоголизм и алкогольные психозы (численность больных, состоящих на учете в ЛПУ на 100 тыс.чел.)	-0,000492	0,0002919	-1,69	0,093	-0,0010658	0,0000818
Психические раст. и раст. поведения (численность больных, состоящих на учете в ЛПУ на 100 тыс.чел.)	-0,0025709	0,0005129	-5,01	0,000	-0,0035793	-0,0015625
Константа	25,71229	2,038156	12,62	0,000	21,70537	29,71922
Sigma_u Sigma_e Rho	3,7577162	0,74081724	0,96258769			
F test that all u_i=0: F(79,397)=69,49 Prob>F=0,0000						

На макроуровне здоровье определяется общим развитием, экономическим, социальным и политическим потенциалом страны. В качестве наиболее общего индикатора, характеризующего ее возможности и мощь, выступает величина валового внутреннего продукта (ВВП) в расчете на душу населения. От объема ВВП зависят: экономические, социальные и экологические условия жизни в стране; развитость и технологический уровень здравоохранения как отрасли оказания медицинских услуг; условия, уровень и качество жизни населения, распределение валового внутреннего продукта. В свою очередь экономическое развитие регионов характеризует показатель ВРП на душу населения, который влияет на уровень оплаты труда и социальной поддержки населения, а, следовательно, и на масштабы распространения бедности [4].

В 1990-е годы Россия продемонстрировала очевидную взаимосвязь экономического развития и уровня жизни населения с показателями популяционного здоровья. Так, в 1992 г. ВВП в сопоставимых ценах снизился, примерно, на 15%, а реальные денежные доходы населения упали почти в 2 раза и на эту динамику немедленно отреагировал индикатор популяционного здоровья: за один только 1992 г. население потеряло целый год жизни, а к 1994 г. – еще 4 года. Регрессионный анализ позволил подтвердить сохраняющуюся в России взаимосвязь ОППЖ с основным показателем экономического развития регионов (ВРП на душу населения), коэффициент детерминации для регрессии с фиксированным эффектом составил 0,7703 (табл. 6).

Главная причина преждевременной смерти – алкоголизм, считают эксперты Всемирного банка. Число жертв алкоголя гораздо выше статистических данных. По свидетельству экспертов Всемирного банка алкоголизм не позволяет России сокращать бедность, поскольку влечет за собой потерю работы и обнищание семьи. Не менее актуальна

и проблема заболеваемости психическими расстройствами и расстройствами поведения. Данный факт подтверждается отрицательными коэффициентами регрессии между ОППЖ и контингентами таких больных (на 100 тыс. человек населения), состоящих на учете в ЛПУ.

Увеличение числа психических расстройств и алкоголизация населения представляет собой реакцию на весь круг обстоятельств, в которых оказался российский человек: безработица, необходимость смены места работы и места жительства, низкая социальная защищенность, теневая экономика и коррупция – все это усиливает стрессовые ситуации, охватывающие, прежде всего молодежь и мужчин в трудоспособном возрасте. Алкоголизация стала одним из ведущих факторов роста смертности лиц трудоспособного возраста в современной России. Оценить истинные масштабы смертности от алкоголя довольно трудно в силу того, что они оказываются не всегда очевидными – алкоголизм пациентов существенно ухудшает течение таких заболеваний, как туберкулез (инфекционные болезни) или пневмония (болезни органов дыхания).

Проведенные исследования и результаты моделирования в качестве приоритетных направлений по улучшению уровня здоровья населения и стабилизации медико-демографических процессов позволяют выделить следующие мероприятия: социально-экономические методы, формирование здорового образа жизни, развитие системы здравоохранения, формирование морально-этических ценностей.

Основополагающими для стабилизации состояния здоровья населения России должны стать меры социально-экономического характера. Как показали результаты проведенных расчетов, ВРП на душу населения является одним из основных факторов, влияющих на показатель ожидаемой продолжительности жизни в регионах России. В настоящее время экономика России носит в основном сырьевой характер. Для стабилизации медико-демографических процессов и состояния здоровья населения необходима модернизация всей экономической системы нашей страны, переход на инновационный путь развития, увеличение роли человеческого потенциала. Развитие инновационной экономики, рост денежных доходов населения и минимальной оплаты труда, гарантируемой государством каждому работнику, усилит трудовую мотивацию и улучшит факторы, включающие удовлетворение комплекса базовых потребностей человека.

Трансформация прежней социально-экономической модели общества и переход к рыночной экономике в России способствовала развитию социального стресса. Падение продолжительности жизни по регионам России напрямую связано с показателями повышения стресса, которые можно количественно измерить: психическими расстройствами и расстройствами поведения (численностью больных, состоящих на учете в ЛПУ на 100 тыс.чел.), алкоголизмом и алкогольными психозами (численностью больных, состоящих на учете в ЛПУ на 100 тыс.чел.) и соотношением браков и разводов (на 1000 браков приходится разводов).

Социально-экономическое неравенство является принципиально важным фактором в объяснение медико-демографических процессов. На демографическое поведение людей влияет не только благосостояние как таковое, а социально-экономическое неравенство в обществе. Демографические проблемы в современной России обусловлены избыточным неравенством и высокой относительной бедностью. В связи с этим, необходимо улучшение материального благосостояния населения, существенное повышение прожиточного минимума, как главного социального стандарта, гарантируемого каждому гражданину. Это изменит границу бедности в стране и приблизит ее к тому, что принято сегодня в странах Европы. Для корректировки негативного тренда здоровья в современной России требуется реструктуризация распределительных процессов в пользу малообеспеченных, экономические меры корректировки неравенства в доходах и оплате труда (применение различных систем

оплаты труда, налоговых методов, комплекса мер социального страхования). Значимым моментом является также совершенствование системы государственных семейных пособий, увеличение пособий на ребенка, по беременности и родам.

Повышение денежных доходов населения будет способствовать к улучшению жилищных условий. Этот процесс необходимо поддержать с помощью создания льготных программ ипотечного кредитования для молодых и малообеспеченных семей, разработки целевых программ жилищного строительства, выделения субсидий для отдельных категорий граждан на покупку жилья.

Одним из основных факторов избыточной смертности и снижения продолжительности жизни в России является повышенный уровень потребления крепких алкогольных напитков и инъективных наркотиков. Проблема «алкогольной смертности» связана с резким расширением доступности алкоголя и ухудшением его качества. Крепкий алкоголь и тяжелые наркотики представляют собой угрозу национальной безопасности России и ведут к вымиранию нации. Решение медико-демографического кризиса требует радикального снижения россиянами потребления алкогольных напитков и инъективных наркотиков. Решать алкогольную проблему придется постепенно, на первом этапе путем введения разумных ограничений на распространение алкоголя и ужесточения контроля за его нелегальным производством. Это первый шаг к цивилизованной антиалкогольной политике. В целом, в России необходима продуманная государственная политика в сфере производства, оборота и потребления алкоголя, применение методов налогового регулирования, введение ограничений на торговлю алкогольной продукцией, борьба с незаконным производством.

Высокий уровень психических расстройств и расстройств поведения во многом обусловлен сложной социально-экономической ситуацией, в которой человек не чувствует себя востребованным, нужным обществу и окружающим. В такой ситуации возрастает число случаев самоубийств, а также агрессивного поведения, влияющего на количество преступлений в регионах России. Требуется принятие специальных мер по улучшению социально-экономического положения представителей групп суицидального риска: сокращение уровня безработицы, профессиональная ориентация и трудовая мотивация, создание специализированных психологических центров.

Таким образом, построенные модели показали, что состояние здоровья населения связано в большей мере с социально-экономическими проблемами, с уровнем материального благосостояния, доходами семьи, с бедностью, которые влекут за собой менее сбалансированное и качественное питание, худшие жилищные условия, более низкую мотивацию на здоровый образ жизни. Для сохранения и укрепления здоровья населения необходимо повышение уровня и качества его жизни. Было установлено, что увеличение ОППЖ напрямую зависит от успешного решения широкого круга задач социально-экономического развития (обеспечения стабильного экономического роста, благосостояния населения, снижения уровня бедности, интенсивности развития человеческого капитала и создания эффективной социальной инфраструктуры (здравоохранение, образование, социальная защита населения), рынка доступного жилья, гибкого рынка труда, улучшения санитарно-эпидемиологической обстановки и т.д.). Меры по улучшению демографической ситуации должны носить комплексный характер, связанный с переориентацией целевых программ на решение задач демографической политики с учетом региональной специфики.

Работа выполняется при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ № 13-06-98803 р\_север\_а), а также Программы стратегического развития ПетрГУ в рамках реализации комплекса мероприятий по развитию научно-исследовательской деятельности.

## Список литературы

1. Атлас демографического развития России. Осипов ГВ, Рязанцев СВ, редакторы. Москва: Экономическое образование; 2009. 220 с.
2. Величковский БТ. Социальный стресс, трудовая мотивация и здоровье. *Бюллетень сибирской медицины* 2005; (3): 5-19.
3. Здравоохранение в России. 2011. Статистический сборник. Москва: Росстат; 2011. 326 с.
4. Кручек ММ, Молчанова ЕВ. Исследование медико-демографических процессов в регионах России методом регрессионного анализа по панельным данным. *Региональная экономика: теория и практика* 2013; 297(18): 41–50.
5. Лукашев АМ, Прохоров ББ, Шиленко ЮВ. Общественное здоровье и управление здравоохранением. Москва: Оверлей; 2005. 392 с.
6. Магнус ЯР, Катышев ПК, Пересецкий АА. Эконометрика. 6-е изд., перераб. и дополн. Москва: Дело; 2004. 576 с.
7. Медик ВА, Токмачев МС. Математическая статистика в медицине: учебное пособие. Москва: Финансы и статистика; 2007. 800 с.
8. Ратникова ТА. Анализ панельных данных в пакете "Stata". Методические указания к компьютерному практикуму по курсу "Эконометрический анализ панельных данных". Москва: Высшая школа экономики; 2004. 40 с.
9. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2012. Статистический сборник. Москва: Росстат; 2012. 990 с.
10. Римащевская НМ. Социальная политика сбережения народа: радикальное изменение негативного тренда здоровья населения. *Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз* 2010. 12 (4): 48-61.
11. Римащевская НМ, Мигранова ЛА, Молчанова ЕВ. Факторы, влияющие на состояние здоровья населения России. *Народонаселение* 2011 51 (1): 38-49.
12. Badi H Baltagi. *Econometric Analysis of Panel Data*. 3th ed. 2005. 316 p.

## References

1. Atlas of demographic development of Russia. Osipov GV, Ryazantsev SV, editors. Moscow: Ekonomicheskoe obrazovanie; 2009. 220 p. (In Russian).
2. Velichkovskiy BT. Social stress, labor motivation and health. *Byulleten' sibirskoy meditsiny* 2005;(3):5-19. (In Russian).
3. Healthcare in Russia 2011. Statistical collection. Moscow: Rosstat, 2011. 326 p. (In Russian).
4. Kruchek MM, Molchanova EV. Study of health and demographic processes in Russian regions using the method of regression analysis by panel data. *Regional'naya ekonomika: teoriya i praktika* 2013; 297(18): 41–50. (In Russian).
5. Lukashov AM, Prokhorov BB, Shilenko YuV. Public health and healthcare management. Moscow: "Overley" Publishing House; 2005. 392 p. (In Russian).
6. Magnus YaR, Katyshev PK, Peresetskiy AA. Econometrics. 6-th ed., rev and add. Moscow: Delo; 2004, 576 p. (In Russian).
7. Medik VA, Tokmachev MS. Mathematical statistics in medicine: Training Manual. Moscow: Finansy i statistika; 2007, 800 p. (In Russian).
8. Ratnikova TA. Analysis of panel data in the «Stata» packet. Methodical recommendations to «Economic analysis of panel data» computer practical course. Moscow: Higher School of Economics; 2004, 40 p. (In Russian).
9. Regions of Russia. Social and economic indicators 2012 Statistical collection. Moscow: Rosstat, 2012. 990 p. (In Russian).

10.Rimashevskaya NM. Social policy of population saving: radical changes in a negative trend of population health. *Ekonomicheskie i sotsial'nye peremeny: fakty, tendentsii, prognoz* 2010; 12 (4). p. 48-61. (In Russian).

11.Rimashevskaya NM, Migranova LA, Molchanova EV. Factors affecting Russian population health. *Narodonaseleniye* 2011; 51 (1). p. 38-49. (In Russian).

12.Badi H. Baltagi. *Econometric Analysis of Panel Data*. 3rd ed. 2005. 316 p.