

УДК 332.1+330.41

АНАЛИЗ ОЖИДАЕМОЙ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ЖИЗНИ С УЧЕТОМ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ЗАВИСИМОСТИ ПО РЕГИОНАМ РОССИИ

А.К. Жукова, А.М. Силаев, М.В. Силаева

Жукова Анна Константиновна – бакалавр экономики, магистрант. Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», ул. Б. Печерская, 25/12, Нижний Новгород, Россия, 603155. E-mail: akzhukova@gmail.com.

Силаев Андрей Михайлович – доктор физико-математических наук, профессор. Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», ул. Б. Печерская, 25/12, Нижний Новгород, Россия, 603155. E-mail: asilaev@hse.ru.

Силаева Марина Владиславовна – старший преподаватель. Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», ул. Б. Печерская, 25/12, Нижний Новгород, Россия, 603155. E-mail: msilaeva@hse.ru.

В работе исследуется влияние различных социально-экономических и экологических факторов на ожидаемую продолжительность жизни российского населения по данным для регионов России за 2014 г. С использованием методов пространственной эконометрики показано, что имеются различия в моделях ожидаемой продолжительности жизни для мужчин и женщин, а также для жителей западных и восточных регионов России. Выявлено, что загрязнение атмосферного воздуха отрицательно влияет на ожидаемую продолжительность жизни для всей России и отдельно для западных регионов, а загрязнение водных ресурсов – для восточных регионов. Проведено сравнение результатов пространственных эконометрических моделей с результатами анализа регрессий с применением метода наименьших квадратов.

Модели пространственной эконометрики, ожидаемая продолжительность жизни, регионы России.

DOI: 10.14530/se.2016.4.112-128

ВВЕДЕНИЕ

Задачи анализа влияния различных факторов на здоровье и воспроизводство населения России привлекают внимание многих исследователей (см., например, [1; 3; 4; 14]). Эти задачи важны при принятии управленческих

решений в области экономики, здравоохранения и экологии и для правильного понимания социально-экономических процессов. Важными демографическими показателями являются ожидаемая продолжительность жизни и связанные с ней коэффициенты рождаемости и смертности населения. Сложность изучения данных показателей связана с влиянием на них множества природных, социальных, экономических и демографических факторов.

Актуальной для регионов России остается проблема загрязнения окружающей среды, несмотря на улучшение показателей экологического состояния за последние несколько лет. По данным Росстата, количество выбросов загрязняющих веществ в атмосферу снизилось с 35,8 млн т в 2005 г. до 31,3 млн т в 2015 г. Однако значительное увеличение объемов добывающей и обрабатывающей промышленности не может не отразиться на экологическом состоянии российских регионов.

Отрицательное влияние плохой экологии на состояние здоровья населения доказывается многими исследователями как на зарубежных, так и на российских данных [1–6; 11–16; 18]. В работе [11] проведено оценивание длительного воздействия загрязнения воздуха на смертность населения в европейских городах. В исследовании использовались данные более чем 300 тыс. человек. В результате авторами была выявлена долгосрочная зависимость загрязнения атмосферного воздуха и смертности населения. Эффект длительного воздействия подтверждается также на данных для отдельных городов. Так, например, в работе [12] по данным для более 1 млн чел. старше 30 лет, проживающих в Риме по крайней мере в течение 5 лет, также сделан вывод о наличии долгосрочного воздействия загрязнения воздуха на здоровье населения. Кроме того, ряд исследователей [13; 16] учитывали в своих работах не только прямое влияние загрязнения воздуха на здоровье людей, но и воздействие со стороны соседних регионов. В работе [16] проведен пространственный анализ зависимости смертности населения от загрязнения воздуха в Лос-Анджелесе и Калифорнии. Обнаружено, что учет пространственной автокорреляции приводит к коррекции оценок влияния загрязнения воздуха на показатели смертности в 3 раза в большую сторону. В работе [13] исследовано влияние загрязнения воздуха на здоровье населения в 116 городах Китая за период 2006–2012 гг. Авторы выявили отрицательное влияние выбросов загрязняющих атмосферу веществ с учетом пространственных эффектов на заболеваемость и смертность населения и оценили ущерб от загрязнения воздуха объемом финансовых ресурсов, необходимым для лечения заболеваний, вызванных плохой экологией.

В статьях [1; 4–6; 14–15; 18] исследовалось отрицательное влияние загрязнения окружающей среды по регионам России на рождаемость, смертность и ожидаемую продолжительность жизни населения, детскую забо-

леваемость и другие показатели здоровья населения России. В работе [5] проанализировано влияние загрязнения воздуха и высокой температуры во время сильной жары и лесных пожаров в 2010 г. на смертность населения в европейской части России. На основе ежемесячных данных о смертности населения и среднесуточных показателях температуры и загрязнения воздуха показано, что взаимодействие между высокими температурами и загрязнением воздуха вследствие пожаров увеличивает риск ухудшения здоровья населения.

Существующие исследования российских авторов взаимосвязи социально-экологических параметров и ожидаемой продолжительности жизни населения, как правило, не учитывают пространственные эффекты, что может привести к получению смещенных и несостоятельных оценок. Цель настоящей работы – оценка влияния ряда социально-экологических показателей на ожидаемую продолжительность жизни населения по данным для отдельных регионов России с учетом пространственных эффектов. Эконометрические модели, учитывающие влияние пространственных эффектов [8–10; 17], позволяют получить более точные оценки влияния различных регрессоров, так как наблюдения демонстрируют наличие пространственной автокорреляции переменных.

ИССЛЕДУЕМЫЕ ДАННЫЕ

Динамика ожидаемой продолжительности жизни при рождении для всего населения России, а также для мужчин и женщин по отдельности за период 1962–2014 гг. по данным Росстата представлена на рисунке 1. Данный показатель вычисляется для каждого года в среднем при условии, что на протяжении всей жизни уровень смертности родившегося в этот год поколения в каждом возрасте останется таким же, как был в год рождения.

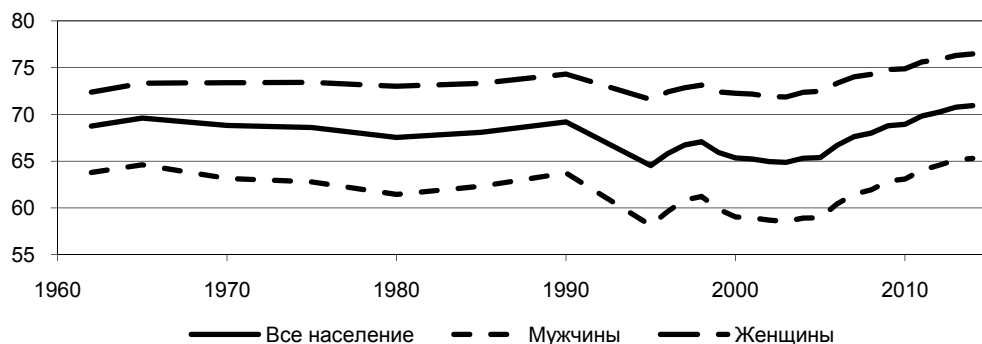


Рис. 1. Ожидаемая продолжительность жизни при рождении в России, лет.

Источник: [2, с. 46].

Динамика показателей выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, отходящих от стационарных источников (рис. 2), и сброса загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты в России (рис. 3) в период 2000–2014 гг. представлена на рисунках.

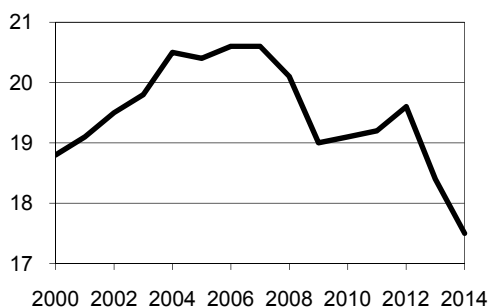


Рис. 2. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, млн т

Источник: [7, с. 465].

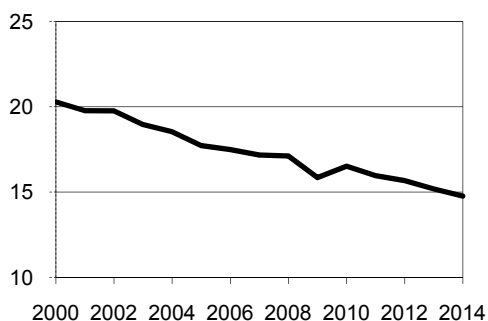


Рис. 3. Сброс загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты, млрд м³

Источник: [7, с. 473].

В данном исследовании в качестве объясняющих переменных в эконометрических моделях для ожидаемой продолжительности жизни используются показатели, характеризующие уровень жизни, плотность населения, уровень здравоохранения и состояние окружающей среды (табл. 1). Показатели, использующиеся в работе, получены при анализе данных по регионам России за 2014 г. [7].

Таблица 1

Описание переменных

Название переменной	Определение, единицы измерения
Ожидаемая продолжительность жизни (life expectancy)	Ожидаемая продолжительность жизни при рождении, число лет
Количество выбросов в атмосферу (air pollution)	Количество выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, отходящих от стационарных источников, т / 1 км ²
Загрязнение водных ресурсов (water pollution)	Сброс загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты, млн м ³ / 1 км ²
Численность на одну больничную койку	Численность населения на одну больничную койку, чел.
Численность на одного врача	Численность населения на одного врача, чел.
Плотность населения	Плотность населения, чел. / 1 км ²
Доходы населения	Среднедушевые денежные доходы населения, скорректированные на стоимость фиксированного набора потребительских товаров и услуг, руб. / мес.
Количество автомобилей	Число собственных легковых автомобилей на 1000 чел. населения, шт.
Потребление алкоголя	Продажа водки и ликеро-водочных изделий в расчете на душу населения, л / год

Описательная статистика переменных, полученная по данным для 83 регионов России в 2014 г. (не учитывались значения переменных для Республики Крым и г. Севастополя), приведена в таблице 2. Диаграммы рассеяния ожидаемой продолжительности жизни в России относительно количества выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух и величины сброса загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты (каждая точка на диаграммах отражает логарифмические значения данных по одному из 83 субъектов федерации) приведены на рисунке 4. Можно отметить довольно сильный разброс значений рассматриваемых переменных по регионам.

Таблица 2

Описательная статистика используемых переменных по России

Переменная	Среднее	Медиана	Максимум	Минимум	Стандартное отклонение
Ожидаемая продолжительность жизни	70,19	70,03	79,42	61,79	2,55
Ожидаемая продолжительность жизни мужчин	64,54	64,1	76,35	56,63	2,96
Ожидаемая продолжительность жизни женщин	75,87	76,00	81,99	66,62	2,15
Количество выбросов в атмосферу	2,79E-03	1,17E-03	5,06E-02	2,49E-05	6,54E-03
Загрязнение водных ресурсов	1,61E-02	1,23E-03	0,751	4,31E-06	9,22E-02
Численность на одну больничную койку	112,73	111,80	203,30	65,80	19,82
Численность на одного врача	219,63	211,70	376,70	122,70	45,12
Плотность населения	133,19	22,27	4857,43	0,07	670,66
Доходы населения	24 677	23 523	46 244	13 475	5804
Количество автомобилей	275,73	284,30	489,20	79,50	56,75
Потребление алкоголя	7,42	7,7	16,5	0,005	3,54

Источник: здесь и далее расчеты авторов.

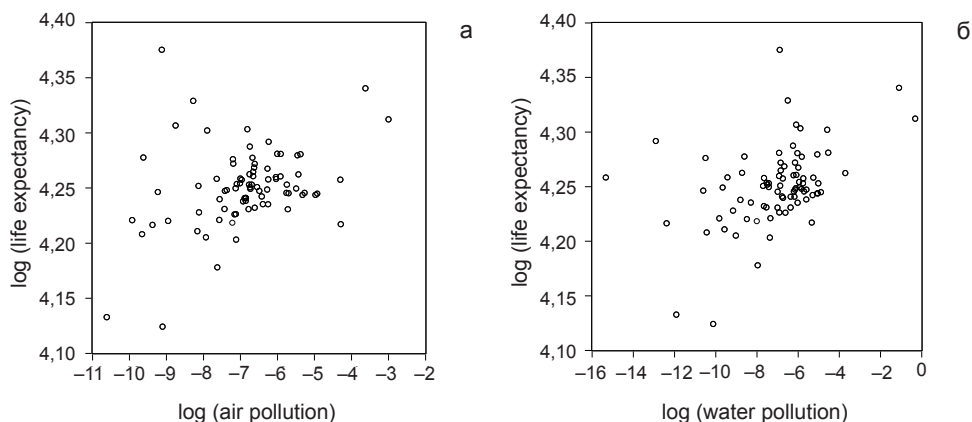


Рис. 4. Диаграммы рассеяния для ожидаемой продолжительности жизни в России относительно количества выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух (а) и величины сброса загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты (б)

ОЦЕНИВАНИЕ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА НАИМЕНЬШИХ КВАДРАТОВ (МНК)

Оценим модели влияния всех используемых факторов на величину ожидаемой продолжительности жизни при рождении с помощью метода МНК:

$$\ln Y_i = \beta_0 + \beta_1 \ln X_i + \varepsilon_i, \quad i = \overline{1, n}, \quad (1)$$

где i – номер региона, Y_i – ожидаемая продолжительность жизни, X_i – объясняющие переменные, ε_i – случайная составляющая в i -м регионе, n – количество регионов (наблюдений). Дисперсии случайных величин ε_i считаем равными σ^2 .

В силу разнородности российских регионов влияние одних и тех же параметров различается в разных частях страны. В настоящей работе все регионы разделяются по географическому признаку на западные и восточные. К западным регионам отнесены субъекты РФ, входящие в состав Центрального, Северо-Западного, Южного, Северо-Кавказского и Приволжского федеральных округов (всего 56 регионов). К восточным регионам отнесены субъекты РФ, входящие в состав Уральского, Сибирского и Дальневосточного федеральных округов (всего 27 регионов). В таблице 3 приведены оценки коэффициентов данной модели в целом для России (по 83 наблюдениям), для западных и восточных регионов отдельно, а также для мужчин и женщин. Зависимые переменные и регрессоры, кроме константы, представлены в логарифмах, поэтому коэффициенты модели имеют смысл эластичностей величины ожидаемой продолжительности жизни по отдельным факторам. В таблице даны оценки параметра σ (стандартные ошибки регрессии) и скорректированные коэффициенты детерминации R^2 . Уровни значимости в таблице 3 получены с учетом оценок стандартных ошибок коэффициентов регрессии в форме Уайта.

Как видно из таблицы 3, большинство коэффициентов моделей МНК значимо отличаются от нуля. Как и следовало ожидать, влияние загрязнения как атмосферного воздуха, так и водных объектов отрицательно влияет на продолжительность жизни. Правда, есть особенности – для населения всей России и отдельно для населения западных регионов значимым фактором является загрязнение атмосферного воздуха, а для населения восточных регионов – сброс загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты. Отметим также разное по знаку влияние на ожидаемую продолжительность жизни количества собственных легковых автомобилей на 1000 человек населения – для западной части отрицательное, а для восточной части страны положительное. Среднедушевые денежные доходы населения имеют положительное влияние на зависимые переменные для всего населения и отдельно для мужчин, но для женщин страны и для женщин из западных регионов этот фактор незначимый.

Таблица 3

МНК-оценки для ожидаемой продолжительности жизни

Переменная	Группа	Россия	Западная часть	Восточная часть
Константа	все население	3,365***	3,951***	3,103***
	мужчины	3,084***	3,644***	2,881***
	женщины	3,636***	4,241***	3,325***
Количество выбросов в атмосферу	все население	-0,007**	-0,007***	0,007
	мужчины	-0,010***	-0,010***	0,007
	женщины	-0,004*	-0,005***	0,005
Загрязнение водных ресурсов	все население	-0,001	0,0004	-0,009**
	мужчины	-0,001	-0,0004	-0,010**
	женщины	-0,001	0,0005	-0,007**
Численность на одну больничную койку	все население	0,116***	0,096***	0,073***
	мужчины	0,138***	0,141***	0,075***
	женщины	0,090***	0,056***	0,063***
Численность на одного врача	все население	-0,046***	-0,054***	-0,026
	мужчины	-0,061***	-0,072***	-0,031
	женщины	-0,030***	-0,034***	-0,019
Плотность населения	все население	0,010***	0,007*	0,005
	мужчины	0,011**	0,010	0,004
	женщины	0,009***	0,005**	0,006
Доходы населения	все население	0,040**	0,028**	0,059***
	мужчины	0,060***	0,041*	0,077**
	женщины	0,020	0,012	0,044**
Количество автомобилей	все население	0,022	-0,035**	0,058***
	мужчины	0,011	-0,044*	0,053***
	женщины	0,030*	-0,027**	0,061***
Потребление алкоголя	все население	-0,007*	-0,004	-0,013
	мужчины	-0,012***	-0,007	-0,013
	женщины	-0,002	0,0006	-0,009
Стандартная ошибка регрессии	все население	0,0199	0,0154	0,0173
	мужчины	0,0238	0,0218	0,0190
	женщины	0,0178	0,0110	0,0169
Скорректированный R^2	все население	0,726	0,761	0,840
	мужчины	0,741	0,771	0,813
	женщины	0,658	0,671	0,835

Примечание: *, **, *** — коэффициенты значимы на 10%, 5%, 1%-ном уровне соответственно.

Плотность населения положительно влияет на зависимые переменные для России в целом и для западной части страны, а рост количества жителей на одного врача отрицательно сказывается на продолжительности жизни. Это объясняется тем, что более высокий уровень жизни, большее количество медицинских услуг и общественных благ, которое положительно связано с

численностью и плотностью населения в регионах, приводит к увеличению ожидаемой продолжительности жизни. Правда, для восточной части страны численность населения на одного врача и плотность населения являются незначимыми факторами. К несколько парадоксальным, на первый взгляд, результатам можно отнести положительное влияние на ожидаемую продолжительность жизни во всех моделях в таблицах 3–5 численности населения на одну больничную койку. Этот результат можно объяснить, например, внедрением новых технологий лечения заболеваний, не требующих больничных коек.

Из рассмотренных моделей МНК следует, что при увеличении потребления алкоголя ожидаемая продолжительность жизни снижается в среднем для всего населения России и отдельно для мужчин, но, для женщин этот фактор незначим. Для западной и восточной частей страны по отдельности эта переменная также незначима (см. *табл. 3*). Возможно, это связано с наличием заменителей алкогольной продукции, не учтенных в рассматриваемых моделях.

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ЗАВИСИМОСТЬ

При применении методов пространственной эконометрики важным является выбор матрицы весов [8–10; 17], характеризующей взаимосвязь регионов. В настоящей работе используется весовая матрица смежности, учитывающая взаимосвязи регионов, имеющих общую границу. В связи с этим при построении пространственных регрессионных моделей из анализа были исключены показатели для Калининградской и Сахалинской областей, так как для них отсутствуют сухопутные границы с другими регионами. Отметим, что данное сокращение наблюдений (с 83 до 81 региона) в случае моделей МНК не приводит к сколько-нибудь значительному изменению результатов, представленных в таблице 3.

Перед построением пространственных регрессионных моделей необходимо протестировать наличие пространственной зависимости в данных. Для этого проведем тест Морана [9; 10; 17] для исследуемых переменных, который покажет наличие или отсутствие пространственной зависимости. Значение индекса Морана находится по формуле:

$$I = \frac{n \sum_i \sum_{j \neq i} W_{ij} (y_i - \bar{y})(y_j - \bar{y})}{\left(\sum_i \sum_{j \neq i} W_{ij} \right) \sum_i (y_i - \bar{y})^2}, \quad (2)$$

где W_{ij} – элемент матрицы весов W , y_i и y_j – значения переменных в регионах i и j , n – количество регионов. Если индекс Морана больше нуля, то пространственная зависимость для переменной положительная. Если ста-

тистика меньше нуля, то зависимость – отрицательная. Если индекс близок к нулю (незначим), то пространственная корреляция отсутствует. В таблице 4 приведены значения индекса Морана для переменных, которые используются в данном исследовании.

Таблица 4

Переменная (в логарифмах)	Индекс Морана		
	Россия	западная часть	восточная часть
Ожидаемая продолжительность жизни	0,502***	0,449***	0,256**
Ожидаемая продолжительность жизни мужчин	0,541***	0,529***	0,286**
Ожидаемая продолжительность жизни женщин	0,427***	0,256***	0,196*
Количество выбросов в атмосферу	0,423***	0,211*	0,500***
Загрязнение водных ресурсов	0,494***	-0,181*	0,274*
Численность на одну больничную койку	0,406***	0,310***	0,337**
Численность на одного врача	0,027	-0,137	0,334**
Плотность населения	0,671***	0,431***	0,623***
Доходы населения	0,278***	0,133*	0,442***
Количество автомобилей	0,034	0,365***	-0,208
Потребление алкоголя	0,737***	0,768***	0,415***

Примечание: *, **, *** — коэффициенты значимы на 10%, 5%, 1%-ном уровне соответственно.

Как для России в целом, так и для западной и восточной частей страны, статистики Морана, кроме численности населения на одного врача и количества автомобилей, значимо отличаются от нуля и положительны (за исключением загрязнения водных объектов в западной части страны).

Тест Морана характеризует глобальную пространственную зависимость одновременно для всех регионов. Проиллюстрировать локальную зависимость между отдельно взятыми регионами можно с помощью графика Морана: по оси абсцисс откладывается значение изучаемой переменной, а по оси ординат – лагированное значение этой же переменной в пространстве [17]. Построенный по расчетным данным график Морана для ожидаемой продолжительности жизни в России, где большинство точек расположено в первом и третьем квадранте, говорит о наличии положительной пространственной зависимости для регионов России, соответствующих этим точкам.

Таким образом, тесты и графики Морана выявили пространственную корреляцию значений переменных для соседних регионов.

ОЦЕНИВАНИЕ С ПОМОЩЬЮ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ МОДЕЛЕЙ

Рассмотрим три эконометрические модели пространственных регрессий. Первая модель предполагает пространственный лаг только для зависимой переменной – авторегрессионная модель SAR (*Spatial Autoregressive Model*) [17]:

$$y = \rho W y + X \beta + \varepsilon. \quad (3)$$

Здесь y – зависимая переменная (вектор размерности n , где n – количество наблюдений); X – матрица независимых переменных (регрессоров); ε – n -мерный вектор шумов модели, составленный из независимых гауссовских случайных величин с нулевым средним значением и дисперсией σ^2 ; W – матрица пространственных весов размерностью $n \times n$; $W y$ представляет собой пространственный лаг зависимой переменной. Оцениваются вектор параметров β , скалярная величина ρ , характеризующая пространственную регрессию, и параметр уровня шумов σ . Уравнение (3) учитывает влияние на величину зависимой переменной (логарифм ожидаемой продолжительности жизни) в i -м регионе значений этой переменной в соседних регионах, $i = \overline{1, n}$.

Вторая модель предполагает пространственную зависимость в шуме SEM (*Spatial Error Model*) [17]:

$$y = X \beta + u, \quad u = \lambda W u + \varepsilon, \quad (4)$$

где $W u$ – пространственный лаг для n -мерного вектора шумов модели u , λ – скалярный параметр, остальные обозначения такие же, как в уравнении (3). С помощью этой модели учитывается пространственная зависимость как для переменных y , так и для X .

Третья модель – пространственная модель Дарбина SDM (*Spatial Durbin Model*) [17]:

$$y = \rho W y + X \beta + W X \theta + \varepsilon. \quad (5)$$

Здесь $W y$ и $W X$ представляют собой пространственные лаги для зависимой и независимых переменных соответственно. В SDM модели учитывается зависимость в пространстве всех переменных в модели и оцениваются векторы параметров β , θ (для пространственных лагов регрессоров), скалярная величина ρ и уровень шумов σ .

Во всех моделях в качестве матрицы W используется матрица смежностей, в которой одинаковый ненулевой вес придается регионам, имеющим общую границу с рассматриваемым регионом. В качестве зависимых переменных рассматриваются логарифмы величины ожидаемой продолжительности жизни, а в качестве регрессоров – константы и логарифмы значений переменных из таблицы 1 для того, чтобы можно было сопоставить результаты с полученными с помощью моделей МНК. Сравним результаты различных пространственных регрессионных моделей для ожидаемой продолжительности жизни в России (табл. 5).

Таблица 5

Сравнение моделей для ожидаемой продолжительности жизни

Переменная	MHK	SAR	SEM	SDM
Константа	3,364***	1,838***	3,442***	2,720***
Количество выбросов в атмосферу	-0,007**	-0,007**	-0,007**	-0,004
Загрязнение водных ресурсов	-0,001	-0,002	-0,002	-0,001
Численность на одну больничную койку	0,116***	0,107***	0,108***	0,104***
Численность на одного врача	-0,046***	-0,045***	-0,040***	-0,042***
Плотность населения	0,010***	0,009***	0,012***	0,008**
Доходы населения	0,039**	0,034***	0,029**	0,032**
Количество автомобилей	0,022	0,027***	0,025***	0,009
Потребление алкоголя	-0,007*	-0,003	-0,004	0,003
Количество выбросов в атмосферу (лаг)				0,005
Загрязнение водных ресурсов (лаг)				0,006
Численность на одну больничную койку (лаг)				0,041
Численность на одного врача (лаг)				-0,050*
Плотность населения (лаг)				-0,007
Доходы населения (лаг)				0,019
Количество автомобилей (лаг)				-0,062**
Потребление алкоголя (лаг)				-0,010
Параметр ρ		0,372***		0,277*
Параметр λ			0,422**	
Параметр σ	0,0202	0,0173	0,0179	0,0161

Примечание: *, **, *** — коэффициенты значимы на 10%, 5%, 1%-ном уровне соответственно.

Можно отметить, что оценки коэффициентов для моделей MHK, SAR и SEM при одинаковых регрессорах практически совпадают друг с другом (за исключением оценок констант в моделях). В моделях SAR и SEM, учитывающих пространственные зависимости переменных, подтверждается значимое отрицательное влияние количества выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, отходящих от стационарных источников, на ожидаемую продолжительность жизни. В модели SDM влияние данного фактора оказывается незначимым, возможно, из-за недостаточного количества наблюдений.

Результаты оценок модели SAR представлены в таблице 6.

Сравнивая результаты моделей пространственной авторегрессии SAR, которые представлены в таблице 6, с результатами моделей MHK из таблицы 3, можно констатировать, что направление влияния факторов на зависимые переменные в моделях оценивается одинаково, то есть знаки оценок отличных от нуля коэффициентов одинаковы. Для восточных регионов оценка коэффициента ρ , характеризующего пространственные регрессии, незначимо отличается от нуля, и оценки коэффициентов регрессии в моделях SAR в уравнении (3) практически совпадают с оценками MHK моделей в таблице 3.

Таблица 6

SAR модель для ожидаемой продолжительности жизни

Переменная	Группа	Россия	Западная часть	Восточная часть
Константа	все население	1,838***	2,154***	3,086***
	мужчины	1,511***	1,485***	2,890***
	женщины	2,088***	3,063***	3,270***
Количество выбросов в атмосферу	все население	-0,007**	-0,007***	0,007
	мужчины	-0,009***	-0,008**	0,007
	женщины	-0,005**	-0,006***	0,005
Загрязнение водных ресурсов	все население	-0,002	2,62E-04	-0,009**
	мужчины	-0,002	-0,001	-0,010***
	женщины	-0,002	4,96E-04	-0,007**
Численность на одну больничную койку	все население	0,107***	0,091***	0,071***
	мужчины	0,127***	0,125***	0,072***
	женщины	0,085***	0,056***	0,062***
Численность на одного врача	все население	-0,045***	-0,050***	-0,025
	мужчины	-0,055***	-0,061***	-0,030
	женщины	-0,031***	-0,034***	-0,018
Плотность населения	все население	0,009***	0,006**	0,005
	мужчины	0,010***	0,008**	0,004
	женщины	0,007***	0,005**	0,006
Доходы населения	все население	0,034***	0,029***	0,059***
	мужчины	0,051***	0,043***	0,078***
	женщины	0,017*	0,012	0,043**
Количество автомобилей	все население	0,027***	-0,034***	0,059***
	мужчины	0,014	-0,044**	0,053***
	женщины	0,036***	-0,024**	0,062***
Потребление алкоголя	все население	-0,003	9,21E-05	-0,012
	мужчины	-0,006	-1,99E-04	-0,012
	женщины	3,63E-05	0,002	-0,009
Параметр ρ	все население	0,372***	0,417***	0,003
	мужчины	0,402***	0,517***	-0,004
	женщины	0,363***	0,266	0,014
Параметр σ	все население	0,0173	0,0130	0,0144
	мужчины	0,0204	0,0174	0,0158
	женщины	0,0155	0,0098	0,0141

Примечание: *, **, *** — коэффициенты значимы на 10%, 5%, 1%-ном уровне соответственно.

Однако значения коэффициентов моделей для некоторых регрессоров в модели SAR для западных регионов несколько отличаются от оценок в модели МНК. Для переменной плотности населения и переменных, обозначающих медицинские условия, значения коэффициентов чуть снизились.

Это говорит о том, что в обычной модели МНК коэффициенты для данных переменных были несколько переоценены. Однако необходимо помнить, что в обычных линейных регрессиях, оцениваемых с помощью МНК, коэффициенты показывают влияние изменения переменных в данном регионе, в то время как в пространственных моделях коэффициенты характеризуют влияние всех регионов в терминах данной переменной. Результаты анализа модели SAR, представленные в таблице 6, подтверждают значимое отрицательное влияние на продолжительность жизни уровня загрязнения воздуха в целом по России и в западных регионах страны и уровня загрязнения водных объектов в восточных регионах России.

В связи с наличием пространственной автокорреляции оценки коэффициентов регрессии не могут интерпретироваться как предельные эффекты, а пространственные лаги не могут точно описывать эффекты перетекания. Поэтому в моделях SAR пространственной эконометрики отдельно рассматриваются прямые эффекты, возникающие непосредственно от влияния регрессоров в данном регионе, косвенные эффекты, исходящие от соседних регионов, и суммарные общие эффекты [8; 17].

В таблице 7 приведены значения прямых, косвенных и общих эффектов в модели SAR для ожидаемой продолжительности жизни населения страны в целом, а также отдельно для мужчин и женщин.

Из таблицы 7 можно увидеть, что косвенные эффекты усиливают влияние прямых эффектов от различных факторов на зависимую переменную. В результате общие эффекты влияния факторов становятся (по модулю) больше величины прямых эффектов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе рассмотрено влияние различных факторов на ожидаемую продолжительность жизни населения с использованием пространственных эконометрических моделей по данным для регионов России за 2014 г. Выявлено, что загрязнение атмосферного воздуха, увеличение показателя числа населения в расчете на одного врача, а также в некоторых моделях загрязнение водных ресурсов и потребление алкоголя отрицательно влияют на ожидаемую продолжительность жизни. Положительное влияние оказывают показатель численности населения на одну больничную койку, рост плотности населения, а также в некоторых моделях рост дохода населения и количества легковых автомобилей в расчете на 1000 человек.

Таблица 7

**Прямые, косвенные и общие эффекты в модели SAR
для ожидаемой продолжительности жизни**

Переменная (в логарифмах)	Группа	Прямой эффект	Косвенный эффект	Общий эффект
Количество выбросов в атмосферу	все население	-0,007***	-0,004*	-0,011***
	мужчины	-0,009***	-0,006**	-0,015***
	женщины	-0,005**	-0,003	-0,008**
Загрязнение водных ресурсов	все население	-0,002	-0,001	-0,003
	мужчины	-0,002	-0,001	-0,003
	женщины	-0,002	-0,001	-0,003
Численность на одну больничную койку	все население	0,111***	0,060**	0,171***
	мужчины	0,132***	0,080**	0,212***
	женщины	0,088***	0,045**	0,133***
Численность на одного врача	все население	-0,046***	-0,025**	-0,071***
	мужчины	-0,058***	-0,034*	-0,092***
	женщины	-0,032***	-0,017*	-0,049***
Плотность населения	все население	0,009***	0,005**	0,014***
	мужчины	0,010***	0,006**	0,016***
	женщины	0,008***	0,004*	0,012***
Доходы населения	все население	0,035***	0,019**	0,054***
	мужчины	0,053***	0,032*	0,085***
	женщины	0,018	0,009	0,027
Количество автомобилей	все население	0,028**	0,015*	0,043**
	мужчины	0,015	0,009	0,024
	женщины	0,037***	0,019*	0,056***
Потребление алкоголя	все население	-0,003	-0,002	-0,005
	мужчины	-0,006*	-0,004	-0,010*
	женщины	3,75E-05	1,94E-05	5,69E-05

Примечание: *, **, *** — коэффициенты значимы на 10%, 5%, 1%-ном уровне соответственно.

Отдельно рассматривалось влияние вышеперечисленных факторов на ожидаемую продолжительность жизни для мужчин и для женщин. В результате выявлено, что потребление алкоголя является значимым фактором только для мужчин. Также отдельно исследовалось влияние на продолжительность жизни в западных и восточных регионах России. Для населения всей страны и отдельно для населения западных регионов значимым фактором является загрязнение атмосферного воздуха, а для населения восточных регионов – сброс загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты. Величины этих эффектов небольшие по значению, но так как загрязнение учитывается в расчете на единицу площади для каждого региона, то локально для небольших территорий эффекты могут быть значительными.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Вишневский А.Г., Васин С.А.* Причины смерти и приоритеты политики снижения смертности в России // Экономический журнал ВШЭ. 2011. Т. 15. № 4. С. 472–496.
2. Демографический ежегодник России. 2015: стат. сб. М.: Росстат, 2015. 263 с.
3. *Прохоров Б.Б.* Динамика социально-экономического реформирования России в медико-демографических показателях // Проблемы прогнозирования. 2006. № 5. С. 124–138.
4. *Рамонов А.В.* Ожидаемая продолжительность здоровой жизни как интегральная оценка здоровья россиян // Экономический журнал ВШЭ. 2011. Т. 15. № 4. С. 497–518.
5. *Ревич Б.А.* Волны жары, качество атмосферного воздуха и смертность населения Европейской части России летом 2010 // Экология человека. 2011. № 7. С. 3–9.
6. *Ревич Б.А., Шапошников Д.А.* Изменения климата, волны жары и холода как факторы риска повышенной смертности населения в некоторых регионах России // Проблемы прогнозирования. 2012. № 2. С. 122–138.
7. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2015: стат. сб. М.: Росстат, 2015. 1266 с.
8. *Семерикова Е.В., Демидова О.А.* Анализ региональной безработицы в России и Германии: пространственно-эконометрический подход // Пространственная экономика. 2015. № 2. С. 64–85. DOI: 10.14530/se.2015.2.064-085.
9. *Anselin L.* Spatial Econometrics: Methods and Models. 1988. 284 p. DOI: 10.1007/978-94-015-7799-1.
10. *Arbia G., Baltagi B.H.* Spatial Econometrics. Methods and Applications. 2009. 281 p. DOI: 10.1007/978-3-7908-2070-6.
11. *Beelen R., Raaschou-Nielsen O., Stafoggia M. et al.* Effects of Long-Term Exposure to Air Pollution on Natural-Cause Mortality: An Analysis of 22 European Cohorts within the Multicentre ESCAPE Project // The Lancet. 2014. Vol. 383. No. 9919. Pp. 785–795. DOI: 10.1016/s0140-6736(13)62158-3.
12. *Cesaroni G., Badaloni C., Gariazzo C. et al.* Long-Term Exposure to Urban Air Pollution and Mortality in a Cohort of More than a Million Adults in Rome // Environmental Health Perspectives. 2013. Vol. 121. No. 3. Pp. 324–331. DOI: 10.1289/ehp.1205862.
13. *Chen X., Shao S., Tian Zh. et al.* Impacts of Air Pollution and Its Spatial Spillover Effect on Public Health Based on China's Big Data Sample // Journal of Cleaner Production. 2016. Pp. 1–11. DOI: 10.1016/j.jclepro.2016.02.119.
14. *Denisova I.* Adult Mortality in Russia // Economics of Transition. 2010. Vol. 18. No. 2. Pp. 333–363. DOI: 10.1111/j.1468-0351.2009.00384.x.
15. *Gilmundinov V.M., Kazantseva L.K., Tagaeva T.O.* Pollution and Its Influence on Health of Population in Russia // Regional Research of Russia. 2014. Vol. 4. No. 1. Pp. 1–9. DOI: 10.1134/s2079970514010110.
16. *Jerret M., Burnett R.T., Beckerman B.S. et al.* Spatial Analysis of Air Pollution and Mortality in California // American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine. 2013. Vol. 188. No. 5. Pp. 593–599. DOI: 10.1164/rccm.201303-0609oc.
17. *LeSage J., Pace R.K.* Introduction to Spatial Econometrics. 2009. 321 p. DOI: 10.1201/9781420064254.
18. *Revich B., Shaposhnikov D.* Excess Mortality During Heat Waves and Cold Spells in Moscow, Russia // Occupational and Environmental Medicine. 2008. Vol. 65. No. 10. Pp. 691–696. DOI: 10.1136/oem.2007.033944.

SPATIAL ANALYSIS OF LIFE EXPECTANCY IN RUSSIAN REGIONS

A.K. Zhukova, A.M. Silaev, M.V. Silaeva

Zhukova Anna Konstantinovna – Postgraduate Student. National Research University Higher School of Economics, 25/12, Bolshaya Pecherskaya Street, Nizhny Novgorod, Russia, 603155. E-mail: akzhukova@gmail.com.

Silaev Andrey Mikhailovich – Doctor of Physics and Mathematics, Professor. National Research University Higher School of Economics, 25/12, Bolshaya Pecherskaya Street, Nizhny Novgorod, Russia, 603155. E-mail: asilaev@hse.ru.

Silaeva Marina Vladislavovna – Senior Lecturer. National Research University Higher School of Economics, 25/12, Bolshaya Pecherskaya Street, Nizhny Novgorod, Russia, 603155. E-mail: msilaeva@hse.ru.

The paper examines the influence of various socio-economic and environmental factors on the life expectancy of the Russian population using regional data in 2014. With the help of spatial econometrics the authors show that there are differences in the models of life expectancy for men and women, as well as for residents from the western and eastern Russian regions. The study reveals that air pollution negatively affects the life expectancy of the Russian population as a whole and the western regions population particularly, and water resources contamination degrades the life expectancy of the eastern regions population. The authors also compare results of spatial econometric models and regression analysis using the least squares method.

Keywords: spatial econometrics models, life expectancy, Russian regions.

REFERENCES

1. Vishnevsky A.G., Vasin S.A. Causes of Death and Policy Priorities for Reducing Mortality in Russia. *Ekonomicheskiy Zhurnal VSHE – HSE Economic Journal*, 2011, vol. 15, no. 4, pp. 472–496. (In Russian).
2. *Demographic Yearbook of Russia. 2015: Statistical Collection*. Moscow, 2015, 263 p. (In Russian).
3. Prokhorov B.B. Dynamics of Socio-Economic Reform of Russia at Demographic and Health Indicators. *Problemy Prognozirovaniya – Studies on Russian Economic Development*, 2006, no. 5, pp. 124–138. (In Russian).
4. Ramonov A.W. Healthy Life Expectancy as Health Summary Measure of Russian Population. *Ekonomicheskiy Zhurnal VSHE – HSE Economic Journal*, 2011, vol. 15, no. 4, pp. 497–518. (In Russian).
5. Revich B.A. Heat-Wave, Air Quality and Mortality in European Russia in Summer 2010: Preliminary Assessment. *Ekologiya Cheloveka – Human Ecology*, 2011, no. 7, pp. 3–9. (In Russian).
6. Revich B.A., Shaposhnikov D.A. Climate Change, Heat Waves, and Cold Spells as Risk Factors for Increased Mortality in Some Regions of Russia. *Problemy Prognozirovaniya – Studies on Russian Economic Development*, 2012, no. 2, pp. 122–138. (In Russian).
7. *Regions of Russia. Socio-Economic Indicators. 2015: Statistical Collection*. Federal State Statistic Service of Russian Federation. Moscow, 2015, 1266 p. (In Russian).

8. Semerikova E.V., Demidova O.A. Analysis of Regional Unemployment in Russia and Germany: Spatial-Econometric Approach. *Prostranstvennaya Ekonomika = Spatial Economics*, 2015, no. 2, pp. 64–85. DOI: 10.14530/se.2015.2.064-085. (In Russian).
9. Anselin L. *Spatial Econometrics: Methods and Models*, 1988, 284 p. DOI: 10.1007/978-94-015-7799-1.
10. Arbia G., Baltagi B.H. *Spatial Econometrics. Methods and Applications*, 2009, 281 p. DOI: 10.1007/978-3-7908-2070-6.
11. Beelen R., Raaschou-Nielsen O., Stafoggia M. et al. Effects of Long-Term Exposure to Air Pollution on Natural-Cause Mortality: An Analysis of 22 European Cohorts within the Multicentre ESCAPE Project. *The Lancet*, 2014, vol. 383, no. 9919, pp. 785–795. DOI: 10.1016/s0140-6736(13)62158-3.
12. Cesaroni G., Badaloni C., Gariazzo C. et al. Long-Term Exposure to Urban Air Pollution and Mortality in a Cohort of More than a Million Adults in Rome. *Environmental Health Perspectives*, 2013, vol. 121, no. 3, pp. 324–331. DOI: 10.1289/ehp.1205862.
13. Chen X., Shao S., Tian Zh. et al. Impacts of Air Pollution and Its Spatial Spillover Effect on Public Health Based on China’s Big Data Sample. *Journal of Cleaner Production*, 2016, pp. 1–11. DOI: 10.1016/j.jclepro.2016.02.119.
14. Denisova I. Adult Mortality in Russia. *Economics of Transition*, 2010, vol. 18, no. 2, pp. 333–363. DOI: 10.1111/j.1468-0351.2009.00384.x.
15. Gilmundinov V.M., Kazantseva L.K., Tagaeva T.O. Pollution and Its Influence on Health of Population in Russia. *Regional Research of Russia*, 2014, vol. 4, no. 1, pp. 1–9. DOI: 10.1134/s2079970514010110.
16. Jerret M., Burnett R.T., Beckerman B.S. et al. Spatial Analysis of Air Pollution and Mortality in California. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 2013, vol. 188, no. 5, pp. 593-599. DOI: 10.1164/rccm.201303-0609oc.
17. LeSage J., Pace R.K. *Introduction to Spatial Econometrics*, 2009, 321 p. DOI: 10.1201/9781420064254.
18. Revich B., Shaposhnikov D. Excess Mortality During Heat Waves and Cold Spells in Moscow, Russia. *Occupational and Environmental Medicine*, 2008, vol. 65, no. 10, pp. 691–696. DOI: 10.1136/oem.2007.033944.