

А. В. Писарук, Н. М. Кошель, Л. В. Мехова, В. П. Войтенко

*Государственное учреждение "Институт геронтологии
им. Д. Ф. Чеботарева НАМН Украины", 04114 Киев*

ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ЖИЗНИ В СТРАНАХ ЕВРОПЫ: СВЯЗЬ С ЗАГРЯЗНЕННОСТЬЮ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

Проанализирована связь ожидаемой продолжительности жизни в 40 странах Европы с уровнем загрязненности атмосферного воздуха в их столицах. Установлена достоверная отрицательная корреляция ожидаемой продолжительности жизни с концентрацией двуокиси серы в воздухе как у мужчин ($r = -0,43$), так и у женщин ($r = -0,59$), а также с концентрацией взвешенных частиц (диаметром менее 10 мкм) у женщин ($r = -0,56$). Кластерный анализ показал, что средние значения этих показателей достоверно выше в группе стран с низкой продолжительностью жизни.

Ключевые слова: продолжительность жизни, загрязненность атмосферного воздуха, Европа.

Загрязненность окружающей среды является одним из важных факторов, определяющих здоровье и продолжительность жизни (ПЖ) людей [1, 2, 4, 5, 7, 8]. Работа предприятий черной и цветной металлургии, добыча твердого и жидкого топлива, работа теплоэнергетических систем и мусоросжигания, газообразные выбросы продуктов сгорания бензина — это не полный перечень источников ксенобиотиков, которые пагубно влияют на здоровье современного человека. Они годами накапливаются в организме, вызывая сначала субклинические, неспецифические патологические изменения в различных органах и системах, а затем и заболевания. В результате увеличивается смертность, и, как следствие, снижается средняя ПЖ.

Загрязненность атмосферного воздуха является одним из основных факторов риска для здоровья, связанных с окружающей средой [6–13]. По оценкам ВОЗ, примерно 7 миллионов случаев преждевременной смерти обусловлено загрязнением атмосферного воздуха. На сегодняшний день это один из самых значительных глобальных факторов риска для здоровья,

сопоставимый с таким фактором риска, как курение. Около 80 % случаев преждевременной смерти, связанной с загрязнением атмосферного воздуха, произошли в результате ИБС и инсульта, 14 % — в результате хронической обструктивной болезни легких или острых инфекций нижних дыхательных путей и 6 % — в результате рака легких [13].

"Руководящие принципы ВОЗ по качеству воздуха" 2005 г. являются глобальным руководством в отношении пороговых значений и максимально допустимых уровней основных загрязнителей воздуха, представляющих риск для здоровья [6]. Эти принципы, применяемые во всем мире, основаны на экспертной оценке имеющихся научных данных в отношении твердых частиц (ТЧ), озона (O_3), двуокиси азота (NO_2) и двуокиси серы (SO_2).

Одним из методов изучения влияния разных факторов на ожидаемую продолжительность жизни (ОПЖ) и смертность является медико-демографический анализ. Исследования влияния экологии на ПЖ и смертность от различных заболеваний проводились неоднократно. Однако количественная оценка влияния загрязнения атмосферного воздуха на массиве данных по странам Европы не проводилась. Это и определило цель настоящего исследования.

Обследуемые и методы. Для решения поставленной задачи нами использована Европейская база данных "Здоровье для всех" (БД-ЗДВ/*HFA-DB*) [3]. В используемой базе данных приводятся величины загрязнения воздуха только в столицах европейских стран, а продолжительность жизни — в целом по каждой стране. Поскольку продолжительность жизни в столицах стран примерно соответствует средней по стране, в настоящем исследовании мы считали допустимым использовать ОПЖ в целом по стране вместо ОПЖ в столице. Итак, проанализированы показатели ОПЖ (от рождения, от 45 и 65 лет) и загрязнения атмосферного воздуха в столицах 40 стран Европы и европейской части СНГ.

Статистическая обработка данных выполнена с использованием методов вариационной статистики, корреляционного, регрессионного и кластерного анализа. Достоверность различий средних значений показателей оценивали по *t*-критерию Стьюдента.

Результаты и их обсуждение. Для выяснения связи ОПЖ с показателями загрязнения воздуха в разных странах были рассчитаны обычные парные и парциальные коэффициенты корреляции. Парциальные коэффициенты корреляции рассчитывались при условии уравнивания изученных стран по уровню валового внутреннего продукта (ВВП) на душу населения. Это было сделано для исключения влияния на ОПЖ разного уровня жизни в рассмотренных странах, так как между величиной ВВП и ОПЖ имеет место высокая положительная корреляция ($r = 0,74$, $P < 0,001$).

Значения парных и парциальных коэффициентов корреляции между ОПЖ и показателями загрязнения атмосферного воздуха приведены в табл. 1. Так, установлена достоверная отрицательная корреляция ОПЖ в разном возрасте с концентрацией SO_2 в атмосферном воздухе как у

мужчин ($r = -0,43$, $P < 0,001$), так и у женщин ($r = -0,59$, $P < 0,001$). В то же время, достоверная парциальная корреляция имеет место только с загрязнением воздуха SO_2 у женщин ($r = -0,47$, $P < 0,001$).

Таблица 1

Значения коэффициентов корреляции ожидаемой продолжительности жизни (ОПЖ) в 40 странах Европы и показателей загрязнения атмосферного воздуха в столицах этих стран

Показатель	ОПЖ					
	при рождении		после 45 лет		после 65 лет	
	муж.	жен.	муж.	жен.	муж.	жен.
Коэффициенты парной корреляции						
Средняя годовичная концентрация SO_2 , мкг/м^3	-0,43	-0,59	-0,41	-0,59	-0,43	-0,61
Средняя годовичная концентрация NO_2 , мкг/м^3	0,27	0,21	0,27	0,21	0,28	0,20
Средняя годовичная концентрация O_3 , мкг/м^3	0,06	0,12	0,04	0,11	0,05	0,09
Средняя годовичная концентрация ТЧ10, мкг/м^3	-0,39	-0,56	-0,41	-0,56	-0,45	-0,60
Коэффициенты парциальной корреляции						
Средняя годовичная концентрация SO_2 , мкг/м^3	-0,22	-0,47	-0,19	-0,47	-0,21	-0,51
Средняя годовичная концентрация NO_2 , мкг/м^3	0,15	0,05	0,15	0,06	0,17	0,05
Средняя годовичная концентрация O_3 , мкг/м^3	0,34	0,44	0,30	0,41	0,34	0,40
Средняя годовичная концентрация ТЧ10, мкг/м^3	0,01	-0,27	-0,02	-0,28	-0,08	-0,35

Примечание: жирным шрифтом выделены достоверные значения коэффициентов корреляции.

SO_2 составляет более 95 % всех техногенных выбросов серосодержащих веществ в атмосферу. Техногенные источники поступления оксидов серы в атмосферу — это топливная энергетика (55 %), металлургическая промышленность (25 %), очистка и переработка нефти и угля (10 %), химическая промышленность, транспорт и другие виды хозяйственной деятельности человека (10 %). Загрязнение атмосферы оксидами серы происходит преимущественно при сжигании топлива (нефти, угля, природного газа, древесины), продуктом сгорания которого является сернистый ангидрит, или диоксид серы SO_2 . Другим важным источником диоксида серы являются металлургическая промышленность, переработка полиметаллических руд. Основным источником SO_2 в атмосфере стран Европы является сжигание бурого угля при производстве электроэнергии на ТЭС. Присутствие оксидов серы в атмосфере оказывает негативное влияние на жизнедеятельность животных и растений: SO_2 взаимодействует с кислородом воздуха с образованием в конечном счете H_2SO_4 . Раздражающее действие сернистого ангидрида на слизистые оболочки приводит к развитию хронических ринитов, во-

спалениям слухового прохода и евстахиевой трубы, хроническим бронхитам (преимущественно с астматическими компонентами). При длительном воздействии в малых концентрациях наблюдаются изменения органов пищеварения и функциональные нарушения щитовидной железы [10].

Как видно из полученных данных (см. табл. 1), ОПЖ не связана со средней годичной концентрацией NO_2 в атмосферном воздухе разных стран Европы. В то же время, известно, что NO_2 относится к токсичным соединениям [6, 8]. Более 90 % общего количества выбросов оксидов азота попадают в воздушную среду при сжигании различных видов топлива. Азотистая кислота, образующаяся при взаимодействии оксидов азота с влагой в дыхательных путях, вступает в реакцию со щелочными компонентами тканей, превращаясь в результате в нитриты и нитраты. Воздействие этих веществ вызывает ряд негативных последствий. Так, нитриты, всасываясь в кровь, приводят к угнетению центральной нервной системы, образованию метгемоглобина, гемолизу, билирубинемии, расширяют кровеносные сосуды, снижают артериальное давление и пр. Нитраты же при нахождении в кишечнике способны трансформироваться в канцерогенные вещества — нитрозамины. Согласно данным литературы, воздействие NO_2 на организм человека снижает его сопротивляемость к заболеваниям, приводит к кислородному голоданию тканей. Особенно остро это проявляется у детей. Также NO_2 способствует повышению действия канцерогенных веществ и возникновению в результате этого злокачественных новообразований. Предельно допустимая среднегодовая концентрация NO_2 в воздухе составляет 40 мкг/м^3 [6], что существенно выше наблюдаемой в европейских странах. Поэтому, видимо, и не выявлено связи между концентрацией этого соединения в воздухе разных стран Европы и ОПЖ в этих странах.

Содержащийся в воздухе в избыточном количестве O_3 может пагубно сказываться на здоровье людей [6, 8]. Он может привести к появлению проблем с дыханием, спровоцировать астму, снизить легочную функцию и вызвать болезни легких. В настоящее время O_3 является одним из загрязнителей воздуха, вызывающих наибольшее беспокойство в Европе. Результаты нескольких проведенных в Европе исследований свидетельствуют о возрастании ежедневной смертности на 0,3 % и смертности от болезней сердца на 0,4 % при повышении уровня содержания в воздухе O_3 на 10 мкг/м^3 .

O_3 на уровне земной поверхности является одним из основных компонентов фотохимического смога. Он образуется в результате реакции с солнечным светом (фотохимической реакции) таких загрязнителей, как окиси азота (NO_x), выбрасываемые в воздух машинами и промышленными предприятиями, и летучие органические соединения, выделяемые транспортными средствами, растворителями и промышленностью.

В результате проведенного анализа обнаружена неожиданная положительная парциальная корреляция между ОПЖ у женщин и среднегодовой концентрацией O_3 в воздухе. При этом обычная парная корреляция отсутствует (см. табл. 1). Ожидаемым результатом было бы наличие отрицательной корреляции между этими показателями; ведь известно, что O_3 оказывает раздражающее действие на дыхательные пути, вызывает

воспаление и повреждение клеток эпителия трахеи, бронхов и альвеол. Это повышает восприимчивость дыхательной системы к инфекции и обострение хронической патологии легких [8]. В странах Европейского союза принята предельно допустимая концентрация O_3 в воздухе — 100 мкг/м^3 , что существенно выше наблюдаемой в европейских странах.

Загрязнение атмосферного воздуха мельчайшими ТЧ воздействует на большее число людей, чем какой-либо другой загрязнитель воздуха [6, 8]. Основными компонентами ТЧ являются сульфаты, нитраты, аммиак, хлористый натрий, углерод, минеральная пыль и вода. Они состоят из сложной смеси твердых и жидких частиц органических и неорганических веществ, присутствующих во взвешенном состоянии в воздухе. Наиболее разрушительны для здоровья частицы диаметром 10 или менее микрометров ($\leq TЧ10$), которые могут проникать глубоко в легкие и оседать в них. Хроническое воздействие ТЧ усугубляет риск развития сердечно-сосудистых и респираторных заболеваний, а также рака легких. Предельно допустимая среднегодовая концентрация этих частиц в воздухе составляет 20 мкг/м^3 . В столицах многих стран Европы концентрация ТЧ выше предельно допустимой.

Проведенный нами корреляционный анализ показал, что ОПЖ отрицательно связана со средней годичной концентрацией взвешенных мелких частиц (ТЧ10) в атмосферном воздухе (см. табл. 1). Однако при расчете парциальной корреляции такая связь не выявляется.

Кластерный анализ 40 европейских стран по показателям ОПЖ позволил выделить 3 группы (табл. 2). Полученные кластеры представляют развитые западно-европейские страны (I кластер) и страны восточной Европы (II и III кластеры). В первой группе стран самая высокая ОПЖ, в третьей — самая низкая. Различия между I и III кластерами по ОПЖ составляют 9,4 лет для мужчин и 6,4 лет для женщин. Средние значения показателей загрязнения атмосферного воздуха в столицах, входящих в кластеры стран Европы, приведены в табл. 3.

Таблица 2

Макрорегиональная (кластерная) структура стран Европы в порядке уменьшения ожидаемой продолжительности жизни

Кластер	Европейские страны
I (20 стран)	Австрия, Бельгия, Великобритания, Германия, Греция, Ирландия, Исландия, Испания, Италия, Кипр, Люксембург, Мальта, Нидерланды, Норвегия, Португалия, Словения, Финляндия, Франция, Швейцария, Швеция
II (8 стран)	Албания, Дания, Польша, Словакия, Черногория, Чешская Республика, Хорватия, Эстония
III (12 стран)	Беларусь, Болгария, Босния и Герцеговина, Венгрия, Латвия, Литва, Македония, Республика Молдова, Российская Федерация, Румыния, Сербия, Украина

Как видно из этих данных, в странах, входящих в III кластер (самый низкий уровень ОПЖ), достоверно выше по сравнению с I кластером среднегодовая концентрация SO_2 и взвешенных частиц диаметром менее 10 мкм в атмосферном воздухе.

Таблица 3

**Загрязненность атмосферного воздуха в столицах, входящих в кластеры стран Европы,
мкг/м³ (M ± m)**

Показатель	I кластер	II кластер	III кластер
Средняя годовая концентрация SO ₂	2,87 ± 0,42	5,33 ± 2,08	12,70 ± 4,76*
Средняя годовая концентрация NO ₂	30,09 ± 2,59	20,38 ± 2,21	26,29 ± 3,55
Средняя годовая концентрация O ₃	65,02 ± 2,52	69,34 ± 2,47	61,54 ± 4,55
Средняя годовая концентрация ТЧ10	23,01 ± 1,38	25,87 ± 4,54	37,31 ± 4,95*

Примечание: * — $P < 0,05$ по сравнению с I кластером.

Таким образом, полученные нами данные еще раз позволяют заключить, что загрязнение атмосферного воздуха играет определенную роль в детерминации продолжительности жизни.

Список использованной литературы

1. Безруков В. В., Войтенко В. П., Кошель Н. М. Сравнительная оценка влияния экологических, демографических и социально-экономических факторов на смертность в Украине // II Междунар. семинар "Экологическая геронтология". Сб. науч. тр. — Ташкент, 2004. — С. 21–30.
2. Войтенко В. П., Кошель Н. М., Писарук А. В. Екологічна криза в Україні. — К.: Фенікс, 2011. — 280 с.
3. Европейская база данных "Здоровье для всех" (HFA-DB, ЕРБ ВОЗ 2012 г. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://data.euro.who.int/hfad/b/shell_ru.html).
4. Злобін Ю. А. Основи екології. — К.: Лібра, 1998. — 248 с.
5. Прокopenко Н. О. Наукове обґрунтування системи оцінки впливу факторів навколишнього середовища на стан здоров'я людей похилого віку: Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. — Київ, 2009. — 36 с.
6. Рекомендации ВОЗ по качеству воздуха, касающиеся твердых частиц, озона, двуокиси азота и двуокиси серы. Глобальные обновленные данные. Краткое изложение оценки риска. — ВОЗ, 2005. — 27 с.
7. Сердюк А. М., Тимченко О. І. Здоров'я населення України: вплив навколишнього середовища на його формування. — Київ—Сімферополь: Екологія и мир, 2000. — 33 с.
8. Стожаров А. Н. Медицинская экология: учебное пособие. — Минск: Высш. шк., 2007. — 368 с.
9. Cohen A. Mortality impacts of urban air pollution // Comparative quantification of health risks: global and regional burden of disease attributable to selected major risk factors. — Geneva: WHO, 2004. — P. 1353–1434.
10. Hedley A. J. Cardiorespiratory and all-cause mortality after restrictions on sulfur content of fuel in Hong Kong: an intervention study // Lancet. — 2002. — **360**. — P. 1646–1652.
11. Jerrett M. Spatial analysis of air pollution and mortality in Los Angeles // Epidemiology. — 2005. — **16**. — P. 727–736.
12. Katsouyanni K. Confounding and effect modification in the short-term effects of ambient particles on total mortality: results from 29 European cities within the APHEA2 project // Epidemiology. — 2001. — **12**. — P. 521–531.
13. Pope C. A. Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution // J. Am. Med. Association. — 2002. — **287**. — P. 1132–1141.

Поступила 15.11.2015

**ТРИВАЛІСТЬ ЖИТТЯ В КРАЇНАХ ЄВРОПИ:
ЗВ'ЯЗОК ІЗ ЗАБРУДНЕННЯМ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ**

А. В. Писарук, Н. М. Кошель, Л. В. Мехова, В. П. Войтенко

Державна установа "Інститут геронтології
ім. Д. Ф. Чеботарьова НАМН України", 04114 Київ

Проаналізовано зв'язок очікуваної тривалості життя в 40 країнах Європи з рівнем забруднення атмосферного повітря в столицях цих країн. Встановлено достовірну негативну кореляцію очікуваної тривалості життя з концентрацією двоокису сірки в повітрі як у чоловіків ($r = -0,43$), так і у жінок ($r = -0,59$), а також з концентрацією зважених часток (діаметром менше 10 мкм) у жінок ($r = -0,56$). Кластерний аналіз показав, що середні значення цих показників достовірно вище в групі країн з низькою тривалістю життя.

**LIFE SPAN IN COUNTRIES OF EUROPE:
RELATION WITH AIR POLLUTION**

A. V. Pisaruk, N. M. Koshel, L. V. Mekhova, V. P. Voitenko

Sate Institution "D. F. Chebotarev Institute of Gerontology
NAMS Ukraine", 04114 Kyiv

Analyzed was the relationship between life expectancy in 40 European countries and indicators of ambient air pollution in their capitals. The results obtained demonstrated significant negative correlation between life expectancy and sulfur dioxide concentration in the air in both men ($r = -0.43$) and women ($r = -0.59$), as well as concentration of suspended particles (below 10 microns in diameter) in women ($r = -0.56$). Cluster analysis showed the mean values of these parameters to be significantly higher in the group of countries with low life span.

Сведения об авторах

Лаборатория математического моделирования процессов старения

В. П. Войтенко — зав. лаб., д.м.н., профессор

А. В. Писарук — гл.н.с., д.м.н. (avpisaruk@ukr.net)

Н. М. Кошель — вед.н.с., к.б.н.

Л. В. Мехова — ст.н.с., к.м.н.