

## АНАЛИЗ ЗАВИСИМОСТИ СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ ОТ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

О. Г. Матковская, ассистент кафедры статистики  
Белорусского государственного экономического университета

### Резюме

Рассматривается методика формирования факторов для проведения регрессионного анализа зависимости состояния здоровья населения от экологических факторов в Республике Беларусь с помощью применения лаг-анализа.

### Abstract

The technique of formation of factors for carrying out regression analysis of dependence of a state of health of the population from ecological factors in Byelorussia by means of lag-analysis application is considered.

### Введение

Влияние экологических факторов на здоровье человека представляет собой сложный и многогранный социально-экономический процесс, охватывающий все стороны развития общества. В последнее время наблюдается усиление зависимости здоровья людей от уровня загрязнения окружающей среды. В целом вклад экологического фактора в общественное здоровье оценивается на уровне 40 % [1, с. 18].

Наиболее чувствительным барометром оценки состояния здоровья населения, влияния на него факторов внешней среды являются показатели здоровья детей. Именно показатели здоровья детского населения, наиболее адекватно и своевременно реагируют на малейшие изменения в уровне антропогенного загрязнения окружающей среды [5]. Одним из основных индикаторов здоровья является показатель заболеваемости, так как в нем отражаются биологические, социальные и экономические факторы.

Целью настоящего исследования явились изучение уровня антропогенного загрязнения атмосферного воздуха и оценка его влияния на распространение заболеваемости среди детского населения Республики Беларусь в течение 16 лет, с 1995–2010 гг. Информационной базой исследования выступали данные официальной статистики, опубликованные Белстатом и Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды.

### Статистическое изучение состояния атмосферного воздуха

С целью изучения изменений состояния атмосферного воздуха использовалась система аналитических показателей, представленная в таблице 1, включающая характеристики антропогенного воздействия ( $X_i$ ), масштабов проведения природоохранных мероприятий ( $Y_i$ ), а также качественного состояния атмосферного воздуха ( $Z$ ). Построенная система отвечает принципу комплексного подхода в анализе, отражая процесс изменения состояния атмосферного воздуха в результате динамики антропогенного воздействия и масштабов проведения природоохранных мероприятий [2, с. 12–13].

Таблица 1

Система показателей состояния атмосферного воздуха по Республике Беларусь

Показатель состояния	
<b>уровня загрязненности (<math>X_i</math>)</b>	
$X_1$	– объем выбросов в атмосферный воздух твердых загрязняющих веществ от стационарных источников, тыс. т.;
$X_2$	– объем выбросов в атмосферный воздух газообразных и жидких загрязняющих веществ от стационарных источников, тыс. т.;
$X_3$	– число стационарных источников выбросов, тыс. ед.;
$X_4$	– уловлено и обезврежено загрязняющих веществ в % от общего количества отходящих от стационарных источников загрязняющих веществ;
$X_5$	– объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от передвижных источников, тыс. т.;
<b>проведения природоохранных мероприятий (<math>Y_i</math>)</b>	
$Y_1$	– процент оснащенности газопылеулавливающим оборудованием организованных стационарных источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух;
$Y_2$	– ввод в действие установок для улавливания и обезвреживания вредных веществ из отходящих газов от стационарных источников загрязнения атмосферного воздуха, тыс. м <sup>3</sup> . газа в час.
$Y_3$	– удельный вес текущих затрат на охрану атмосферного воздуха в общем объеме текущих затрат, направленных на проведение природоохранных мероприятий;
$Y_4$	– затраты на капитальный ремонт сооружений, установок и оборудования для улавливания (обезвреживания) вредных веществ из отходящих газов от стационарных источников, в % от общего объема капитальных затрат на ремонт ОПФ по охране окружающей среды;
$Y_5$	– удельный вес инвестиций в основной капитал, направленных на охрану атмосферного воздуха;

качественного состояния ( $Z_j$ )	
$Z_1$	– удельный вес проб воздуха, превышающих максимальную разовую ПДК, %;
$Z_2$	– содержание свинца в общем объеме выбросов твердых загрязняющих веществ от стационарных источников;
$Z_3$	– удельный вес сернистого ангидрида в общем объеме выбросов газообразных и жидких загрязняющих веществ от стационарных источников;
$Z_4$	– удельный вес аммиака в общем объеме выбросов газообразных и жидких загрязняющих веществ от стационарных источников.
$Z_5$	– удельный вес оксида углерода в общем объеме выбросов загрязняющих веществ от передвижных источников;
$Z_6$	– содержание окислов азота в общем объеме выбросов загрязняющих веществ от передвижных источников;
$Z_7$	– удельный вес углеводорода в общем объеме выбросов загрязняющих веществ от передвижных источников;
$Z_8$	– содержание сажи в общем объеме выбросов загрязняющих веществ от передвижных источников;
$Z_9$	– доля бенз(а)пирена в общем объеме выбросов загрязняющих веществ от передвижных источников.

Источник: собственная разработка.

Потенциально широкий круг базовой информации (более 20 элементарных признаков) о состоянии атмосферного воздуха и ее неоднородность предполагают на первом этапе исследования решение задачи обобщения данных. Подобная задача эффективно решается с использованием методов факторного анализа (ФА), позволяющих сжимать размерность исходного признакового пространства без существенных потерь его информативности [6, с. 338–339].

В нашем случае показатели каждой из трех групп признаков ( $X_j$ ,  $Y_j$ ,  $Z_j$ ) были интегрированы с применением методов факторного анализа, в частности, метода максимального правдоподобия, в результате по атмосферному воздуху выявлено три обобщенных (латентных) признака:

- $F_x$  – антропогенное воздействие на атмосферный воздух;
- $F_y$  – проведение природоохранных мероприятий, направленных на снижение уровня загрязненности воздуха;
- $F_z$  – качественное состояние атмосферного воздуха [2, с. 13].

Расчет матрицы значений обобщающих признаков ( $F_j$ ) по данным о состоянии атмосферного воздуха позволяет показать динамику латентных признаков (таблица 2).

По данным таблицы 2 видно, что величины выделенных обобщающих признаков ( $F_x$ ,  $F_y$ ,  $F_z$ ) в 1995–2010 гг. имели тенденцию к устойчивому снижению. С одной стороны, это свидетельствует о позитивных процессах сокращения антропогенной нагрузки на атмосферный воздух ( $F_x$ ). С другой стороны, можно отметить негативные подвижки: сокращения масштабов проведения природоохранных мероприятий ( $F_y$ ) и снижения качественных характеристик атмосферного воздуха ( $F_z$ ).

Таблица 2

**Динамика обобщающих признаков состояния атмосферного воздуха в Республике Беларусь по данным за 1995 – 2010 гг.**

год	Значения главных компонент ( $F_j$ )		
	$F_x$	$F_y$	$F_z$
	Антропогенное воздействие на атмосферный воздух	Масштабы проведения природоохранных мероприятий, направленных на снижение уровня загрязненности воздуха	Качественное состояние атмосферного воздуха
1995	1,53892	0,82130	1,26514
1996	1,30757	0,64125	1,20741
1997	1,18064	0,82823	1,33082
1998	0,6629	1,75756	1,20056
1999	-0,49649	0,56634	0,47511
2000	-0,70897	-0,00486	0,29376
2001	-0,59889	-0,27261	0,11907
2002	-0,82079	-0,52596	-0,01935
2003	-1,16547	-0,92044	-0,14781
2004	-0,54557	-0,88183	-0,53324
2005	-0,71513	-1,06192	-0,88523
2006	-0,19564	-1,23818	-1,04894
2007	-0,41185	-0,8118	-1,37352
2008	-0,10825	-1,0362	-1,35163
2009	0,169309	-0,98544	-1,72970
2010	0,178131	-0,97865	-1,75910

Источник: собственная разработка на основе данных [3].

Таким образом, экологическую ситуацию в республике в настоящее время трудно охарактеризовать как благополучную, хотя на самом деле для этого имеется одна из важных предпосылок – относительное сокращение антропогенной нагрузки на атмосферный воздух. Но одновременно, наблюдается разрыв в масштабах проведения природоохранных мероприятий и интенсивности использования природных ресурсов, что ведет к ухудшению качественного состояния атмосферного воздуха. Начиная с 1997 г. происходит рост концентрации специфических загрязняющих веществ (сероводорода, сероуглерода, фенола, формальдегида и оксида углерода) в атмосферном воздухе и снижение его качественных характеристик.

**Оценка влияния экологических факторов на состояние здоровья населения**

Оценка зависимости здоровья населения от изменений состояния атмосферного воздуха в нашем исследовании осуществляется с помощью лаг-анализа, поскольку характер воздействия загрязнения атмосферы на уровень заболеваемости может проявляться по типу суммации действия текущего и прошедшего периодов времени [8, с. 290–292]. Чтобы установить количественную связь между уровнем заболеваемости населения и загрязнением атмосферного воздуха, диапазон статистического наблюдения был ограничен отдельными заболеваниями. Так, в качестве результирующего признака  $Y_t$  выступают показатели болезней органов дыхания у детей в возрасте 0–17 лет,  $Y_2$  – заболеваемость детского населения гриппом и острыми инфекциями верхних дыхательных путей (на 100 тысяч человек населения случаев) в целом по республике за 1995–2010 гг. [7]. В качестве объясняющих переменных вместо исходных значений элементарных признаков ( $X, Y, Z$ ) были использованы значения общих факторов  $F_x, F_y, F_z$  (см. таблицу 2).

При изучении зависимости возникновения болезней органов дыхания ( $Y_t$ ) отдельно от изменений антропогенного воздействия на атмосферный воздух ( $F_x$ ), масштабов проведения природоохранных мероприятий ( $F_y$ ) и качественного состояния атмосферы ( $F_z$ ) были построены следующие модели с распределенным лагом:

$$Y_t = 52,029F_{x_t} + 52,029F_{x_{t-1}}; \quad R^2 = 0,994$$

(1,192)<sup>1</sup>      (1,192)

$$Y_t = -121,869F_{y_t} - 45,264F_{y_{t-1}} - 31,342F_{y_{t-2}} - 107,947F_{y_{t-3}}; \quad R^2 = 0,955$$

(12,667)      (5,081)      (5,791)      (13,552)

$$Y_t = -324,59F_{z_t} - 324,59F_{z_{t-1}}; \quad R^2 = 0,898$$

(31,618)      (31,618)

Анализ приведенных выше моделей показывает, что:

- рост антропогенной нагрузки на воздушный бассейн ( $F_x$ ) на 1 единицу в текущем периоде приведёт через год к росту заболеваемости детей болезнями органов дыхания в среднем на 104,058 случаев на 100 тысяч человек населения (52,029+52,029);
- снижение масштабов проведения природоохранных мероприятий ( $F_y$ ) на 1 единицу в текущем периоде приведёт через три года к росту числа болезней органов дыхания в среднем на 306,422 случаев на 100 тысяч человек населения (121,869+45,264+31,342+107,947);
- снижение качественного состояния атмосферного воздуха ( $F_z$ ) на 1 единицу в текущем периоде приведёт через год к росту числа заболеваний органов дыхания у детского населения в среднем на 649,18 случаев на 100 тысяч человек населения (324,59+324,59).

Определим для каждой модели относительные коэффициенты регрессии (таблица 3).

Таблица 3

**Расчет относительных коэффициентов регрессии**

$Y_t = 52,029F_{x_t} + 52,029F_{x_{t-1}}$	$Y_t = -121,869F_{y_t} - 45,264F_{y_{t-1}} - 31,342F_{y_{t-2}} - 107,947F_{y_{t-3}}$	$Y_t = -324,59F_{z_t} - 324,59F_{z_{t-1}}$
$\beta_0 = 52,029 / 104,058 = 0,5;$	$\beta_0 = 121,869 / 306,422 = 0,398;$	$\beta_0 = 324,59 / 649,18 = 0,5;$
$\beta_1 = 52,029 / 104,058 = 0,5$	$\beta_1 = 45,264 / 306,422 = 0,148;$	$\beta_1 = 324,59 / 649,18 = 0,5$
	$\beta_2 = 31,342 / 306,422 = 0,102;$	
	$\beta_3 = 107,947 / 306,422 = 0,352$	

Источник: собственная разработка.

<sup>1</sup> В скобках указаны значения стандартных ошибок коэффициентов регрессии.

Из таблицы 3 видно, что ровно половина воздействия факторов  $F_x$  и  $F_z$  на результат ( $Y_1$ ) реализуется сразу же в текущем периоде, а оставшееся половина этого влияния реализуется в следующем году. Воздействие фактора  $F_y$  проявляется в течение трёх лет. Причём в текущем периоде реализуется 39,8 % от общего воздействия, затем постепенно уровень влияния снижается – через год (14,8 %), через два (10,2 %) и лишь спустя три года проявляется ещё 35,2 % от общего воздействия данного фактора. Средний лаг в моделях, отражающих взаимосвязь  $Y_1$  от  $F_x$  и  $Y_1$  от  $F_z$ , составит:  $\bar{l} = 0,5 \cdot 0 + 0,5 \cdot 1 = 0,5$ . Это значит, что усиление антропогенной нагрузки на атмосферный воздух ( $F_x$ ) или снижение качественного состояния атмосферного воздуха ( $F_z$ ) скорее всего, приведёт к росту заболеваемости органов дыхания у детей через 0,5 года.

Средний лаг в модели, отражающей зависимость  $Y_1$  от  $F_y$ , составит:

$$\bar{l} = 0,398 \cdot 0 + 0,148 \cdot 1 + 0,102 \cdot 2 + 0,352 \cdot 3 = 1,408.$$

В свою очередь это означает, что снижение масштабов проведения природоохранной деятельности ( $F_y$ ) приводит к увеличению числа болезней органов дыхания в среднем через 1,408 года.

В дальнейшем было установлено наличие достаточно существенной связи между распространённостью заболеваний гриппом и острыми инфекциями верхних дыхательных путей ( $Y_2$ ) от изменения значений главных факторов  $F_x$ ,  $F_y$  и  $F_z$ . В результате получены следующие модели с распространённым лагом:

$$Y_2 = 1768,282F_{x_t} + 1439,860F_{x_{t-1}} + 1722,838F_{x_{t-2}} + 919,345F_{x_{t-3}}; R^2 = 0,998$$

(471,477)      (364,143)      (385,902)      (416,180)

$$Y_2 = -488,802F_{y_t} - 488,802F_{y_{t-1}}; R^2 = 0,977$$

(21,667)      (21,667)

$$Y_2 = -4823,194F_{z_t} - 1725,006F_{z_{t-1}} - 1333,181F_{z_{t-2}} - 4411,369F_{z_{t-3}}; R^2 = 0,930$$

(441,310)      (176,999)      (201,768)      (472,123)

По результатам анализа данных моделей можно сделать вывод о том, что усиление антропогенного воздействия на воздушный бассейн ( $F_x$ ), либо снижение качественного состояния воздушного бассейна ( $F_z$ ) в текущем периоде повлечет за собой рост числа заболеваний детей гриппом и острыми инфекциями верхних дыхательных путей ( $Y_2$ ) в течение последующих трёх лет. Причём рост числа заболеваний от перечисленных факторов соответственно составит в текущем периоде – примерно 1768 и 4823 случаев на 100 тысяч человек населения, через год – 3208 и 6548 случаев, через два года – 4930 и 7881 случаев на 100 тысяч человек населения. И, наконец, спустя три года рост заболеваемости соответственно составит – 5850 и 12292 случаев на 100 тысяч человек населения.

Воздействие фактора  $F_y$  на результат  $Y_2$  носит кратковременный характер. Так, снижение масштабов проведения природоохранных мероприятий ( $F_y$ ) в текущем периоде отразится на увеличении числа заболевших гриппом и инфекциями верхних дыхательных путей ( $Y_2$ ) в этом же периоде на 488 случаев, а через год – 977 случаев на 100 тысяч человек населения. Причем, более половины влияния такого фактора как «антропогенное воздействие на атмосферный воздух ( $F_x$ )» на заболеваемость населения гриппом и инфекциями верхних дыхательных путей реализуется с лагом в один год 54,8 % (30,2+24,6), 30,2 % этого воздействия реализуется сразу же, в текущем периоде. Спустя два года реализуется ещё 29,4 % общего воздействия

На завершающем этапе исследования влияния экологических факторов на здоровье населения было дополнительно установлено, что признак  $F_z$  демонстрирует достаточно тесные корреляционные связи ещё с некоторыми видами заболеваний. В частности, с  $Y_3$  – болезни системы кровообращения и с  $Y_4$  – возникновение врожденных аномалий, пороков развития (число случаев на 100 тысяч человек населения).

Модель зависимости возникновения болезней системы кровообращения ( $Y_3$ ) от изменения качества воздушной среды ( $F_z$ ) имеет следующий вид:

$$Y_3 = -79,233F_{z_t} - 68,275F_{z_{t-1}} - 57,317F_{z_{t-2}}; R^2 = 0,985$$

(27,486)      (2,744)      (26,177)

В этой модели краткосрочный мультипликатор равен – 79,233, то есть снижение качественного состояния воздуха в текущем периоде на одну единицу ведёт в среднем к росту числа болезней системы кровообращения примерно на 79 случаев на 100 тысяч человек населения в том же периоде. Под влиянием снижения качественного состояния атмосферного воздуха через год рост заболеваемости составит около 148 случаев, а через два года – 205 случаев на 100 тысяч человек населения.

Модель зависимости возникновения врожденных аномалий, пороков развития ( $Y_4$ ) от качественного состояния атмосферного воздуха ( $F_z$ ) выглядит следующим образом:

$$Y_4 = -0,128F_{z_t} - 0,034F_{z_{t-1}} - 0,060F_{z_{t-2}}; \quad R^2 = 0,981$$

(0,025)            (0,002)            (0,024)

Следует отметить наличие достаточно длительного воздействия качественного состояния атмосферного воздуха ( $F_z$ ) на возникновение врожденных аномалий, пороков развития ( $Y_4$ ). Судя по построенной модели, снижение значений фактора  $F_z$  в текущем периоде на одну единицу негативно отразится на росте значений признака  $Y_4$  в текущем периоде в среднем на 0,128 случаев на 100 тысяч человек населения, через год – 0,162 и через два года – 0,222 случаев на 100 тысяч человек населения.

Следовательно, 57,7 % общего увеличения возникновения врожденных аномалий, пороков развития, вызванного снижением качественного состояния воздушного бассейна, происходит в текущем моменте времени, 15,3 % – через один год и 27 % этого увеличения происходит спустя два года.

Средний лаг в модели составит:  $\bar{l} = 0,577 \cdot 0 + 0,153 \cdot 1 + 0,270 \cdot 2 = 0,693$ .

Небольшая величина лага (0,693 года) ещё раз подтверждает, что большая часть негативного эффекта снижения качества атмосферы проявляется сразу же на росте числа возникновения врожденных аномалий, пороков развития.

## Выводы

Проведенный анализ показал, что влияние состояния атмосферного воздуха на отдельные виды заболеваний населения достаточно существенно. Конечно, наряду с качеством воздуха, существует еще целый комплекс иных факторов, оказывающих определенное влияние на динамику физического здоровья населения (экономических, медицинских, социальных и так далее), но, тем не менее, приведенные данные подтверждают общую тенденцию: увеличение вредных выбросов в атмосферу является причиной усиления заболеваемости населения. Так, высокий уровень концентрации специфических загрязняющих веществ (пыли, формальдегида, аммиака, фенола и др.) в атмосфере обуславливает негативный рост числа заболеваний органов дыхания, системы кровообращения, возникновение врожденных аномалий (пороков развития), а также распространение гриппа и инфекций верхних дыхательных путей у детей в возрасте 0–17 лет. В свою очередь, расширение масштабов природоохранных мероприятий, направленных на снижение антропогенного воздействия на атмосферный воздух, приведет к значительному улучшению здоровья населения.

С учетом выявленной взаимосвязи негативная динамика признаков  $F_x$ ,  $F_y$ ,  $F_z$ , наметившаяся в последние годы, может стать фактором, обуславливающим реальную опасность усиления регрессивных тенденций заболеваемости населения. Таким образом, для решения вопросов, касающихся оздоровления населения республики, необходимо сосредоточить внимание на изучении наиболее вредных загрязнителей атмосферного воздуха, существенно влияющих на заболеваемость, что позволит более эффективно определять приоритеты в системе мер по охране атмосферы в интересах здоровья населения.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Агаджанян, Н.А. Экология человека: здоровье и концепция выживаемости / Н.А. Агаджанян. – М.: Изд-во РУДН, 1998. – 181 с.
2. Матковская, О.Г. Методика построения интегральных индикаторов состояния атмосферного воздуха / О.Г. Матковская // Статистика Украины. – 2009. – № 2 (45). – С. 12–17.
3. Охрана окружающей среды в Беларуси: стат. сб. / Национальный статистический комитет Респ. Беларусь – Минск, 2010. – 233 с.
4. Протасов, В.Ф. Экология, здоровье и охрана окружающей среды в России: учебник / В.Ф. Протасов – 2-е изд. – М.: Финансы и статистика, 2000. – 672 с.
5. Свердлова, Л.И. Загрязнение природной среды и экологическая патология человека / Л.И. Свердлова, Н.В. Вороница. – Хабаровск: ООП ККГС, 2001. – 216 с.
6. Сошникова Л.А. Многомерный статистический анализ в экономике: учеб. пособие для вузов / Л.А. Сошникова [и др.]; под ред. проф. В.Н. Тамашевича. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 1999. – 598 с.
7. Статистический ежегодник 2010: стат. сб. / Национальный статистический комитет Респ. Беларусь – Минск, 2010. – 598 с.
8. Эконометрика: учебник / под ред. И.И. Елисеевой. – М.: Финансы и статистика, 2001. – 344 с.