

АНАЛИЗ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ СВЯЗИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУШНОГО БАССЕЙНА И ЗАБОЛЕВАНИЙ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ г. МИНСКА

А.Г.Сыса, Е.П.Живицкая, А.М.Миндрик, М.А.Дубина

Международный государственный экологический институт им. А.Д.Сахарова
Белорусского государственного университета, г. Минск, Республика Беларусь

Объектом исследования являлась статистическая информация о заболеваемости взрослого (данные семи амбулаторно-поликлинических организаций) и детского населения (данные шести амбулаторно-поликлинических организаций) Фрунзенского района г. Минска болезнями органов дыхания в период с 2006 по 2012 гг., а также статистические данные точек мониторинга центра гигиены и эпидемиологии Фрунзенского района г. Минска по среднемесячным концентрациям основных загрязнителей воздуха за тот же временной интервал. Анализ, проведенный в статье, был выполнен на базе платформы R.

Анализ влияния окружающей среды на заболеваемость болезнями органов дыхания взрослого и детского населения Фрунзенского района г. Минска за исследуемый период позволил выявить взаимосвязь между динамикой выбросов в атмосферу загрязняющих веществ и изучаемой заболеваемостью. Установлено, что основными поллютантами, которые значительно влияют на динамику загрязнения атмосферы, а, следовательно, и на заболеваемость болезнями органов дыхания (БОД), явились акролеин, бензол и 1,3-бутадиен. Пространственный анализ взаимосвязи загрязненности атмосферного воздуха и общей заболеваемости БОД взрослого населения Фрунзенского района г. Минска позволил выявить направление увеличения как загрязненности атмосферного воздуха, так и общей заболеваемости.

Ключевые слова: болезни органов дыхания, индекс загрязнения атмосферы, факторный анализ, кластерный анализ, пространственный анализ.

Введение

Всемирной организацией здравоохранения болезни органов дыхания (БОД) отнесены к числу приоритетных, наряду с болезнями системы кровообращения и онкологическими заболеваниями. Актуальность проблемы заболеваний органов дыхания состоит в том, что они формируют весьма высокие уровни заболеваемости, инвалидности и смертности населения, оставаясь в то же время потенциально предотвратимыми. На их фоне существенно возрастает риск острых респираторных заболеваний, в сочетании с которыми намного возрастает угроза жизни хроническим больным и пожилому населению.

В последние годы особенно остро встал вопрос о том, насколько значительно влияние загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферный воздух городов, на состояние здоровья населения, какие болезни особенно часто возникают под воздействием веществ, попавших в окружающую среду. Загрязнение атмосферы оказывает неблагоприятное воздействие на организм человека через кожу, желудочно-кишечный тракт и особенно сильно – через органы дыхания. Химические вещества, находящиеся в газообразном состоя-

нии, а также в виде аэрозолей, интенсивно поглощаются в первую очередь органами дыхания и часто действуют незамедлительно. Но воздействие загрязняющих веществ не заканчивается на этом. Они проникают в кожу, во внутренние органы и влияют на здоровье всего организма человека.

Несмотря на то, что в настоящее время современный городской житель более 90% своего времени вынужден проводить в помещениях, где концентрации ряда загрязняющих веществ в воздухе в целом выше и часто не зависят от наружных концентраций в воздухе, следует иметь в виду, что существенное влияние на качество воздуха внутри помещений оказывает режим проветривания в течение суток (кратность и длительность), качество поступающего воздуха и географическое расположение помещений в городе. Два из трех перечисленных факторов для городского жителя являются весьма лабильными в суточном временном интервале, что часто делает анализ и прогнозирование невозможным.

Более того, для большинства подлежащих мониторингу центрами гигиены и эпидемиологии поллютантов их вклад в состояние воздуха внутри помещений остается решающим. Так, по ре-

зультатам гигиенической оценки химического состава воздуха жилых помещений, проведенного в исследовании [1], установлено, что значительный вклад в ее формирование вносят как внутренние, так и внешние источники. Основной вклад со стороны внешних источников вносится такими загрязнителями, как оксид азота, твердые частицы. По данным, приведенным в работе [2], в среднем, городской наружный воздух вносит значительный вклад в концентрацию окиси углерода (СО) в помещении, а также, диоксида азота (NO₂), бензола и некоторых других ароматических летучих органических соединений, озона (O₃) и мелких твердых частиц (ТЧ_{2,5}). Поэтому выделение и определение роли загрязнения наружного атмосферного воздуха в возникновении и развитии болезней не теряет актуальности.

Цель исследования – изучить пространственно-временную связь между загрязненностью атмосферного воздуха и динамикой общей заболеваемости болезнями органов дыхания и выявить основные поллютанты, являющиеся доминирующей причиной в негативных последствиях на здоровье.

Материал и методы

Абсолютные данные первичной заболеваемости населения выкопировывали из формы №12 «Отчет о числе заболеваний, зарегистрированных у больных, проживающих в районе обслуживания лечебного учреждения» в разрезе 2-й, 10-й, 12-й, 20-й, 26-й, 31-й взрослых и 5-й, 16-й, 20-й, 25-й, 26-й детских поликлиник, амбулатории №1, территориально расположенных во Фрунзенском районе г. Минска.

Гигиеническая оценка степени опасности загрязнения атмосферного воздуха при одновременном присутствии нескольких вредных химических веществ в воздухе согласно данным ЦГЭ Фрунзенского района г. Минска проводилась по индексу загрязнения атмосферы (ИЗА) [3]. Для расчета ИЗА использовались среднемесячные концентрации по всем загрязняющим веществам, по которым ведется мониторинг ЦГЭ Фрунзенского района г. Минска: азота диоксид, акролеин, бензол, ксилол, углерода оксид, фенол, формальдегид, серы диоксид, взвешенные частицы и 1,3-бутадиен.

Анализ, проведенный в статье, был выполнен на базе платформы R, дополнительно использовались пакеты timeSeries, xts — для анализа временных рядов; ggplot2 — для визуализации результатов; googleVis — для пространственного анализа и работы с объектами Google Maps; функции rpincomr — для факторного анализа по мето-

ду главных компонент; hclust — для кластерного анализа.

Результаты и обсуждение

В соответствии с полученными значениями ИЗА была проанализирована динамика уровня загрязнения атмосферного воздуха на территории Фрунзенского района г. Минска (рис. 1).

Как следует из представленной графической информации, выбросы в атмосферу носят, главным образом, случайный характер. Использованные методы анализа динамического ряда не позволили определить тренд, также не удалось выявить сезонную составляющую. При этом, следует указать на наметившуюся с 2009 г. тенденцию к снижению уровня загрязнения атмосферы.

Последующий анализ заболеваемости взрослого и детского населения проводился по данным годовых отчетных форм, поэтому для корректного сопоставления показателей заболеваемости и индекса загрязнения атмосферы последний также был рассчитан по среднегодовым значениям концентраций вредных примесей. Такой подход позволяет оценить хроническое воздействие загрязнения воздуха на здоровье населения [4].

На рис. 2 и 3 сопоставлена динамика выбросов в атмосферу загрязняющих веществ в величинах ИЗА и общая заболеваемость болезнями органов дыхания детского и взрослого населения Фрунзенского района г. Минска.

Известно, что между загрязнением атмосферы и реакцией со стороны органов дыхания существует некоторый временной промежуток (временной лаг). По нашим данным, временной лаг составил два года. Действительно, при наложении графиков динамики ИЗА и общей заболеваемости БОД взрослого населения Фрунзенского района г. Минска со сдвигом на два года вперед наблюдается корреляция между выбросами загрязняющих веществ в атмосферу и общей заболеваемостью (рис. 2):

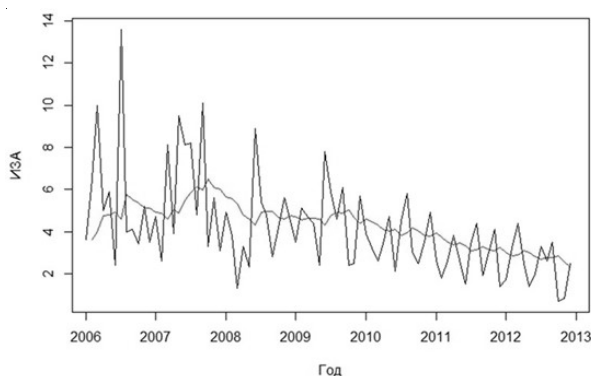


Рис. 1. Динамика индекса загрязнения атмосферы Фрунзенского района г. Минска

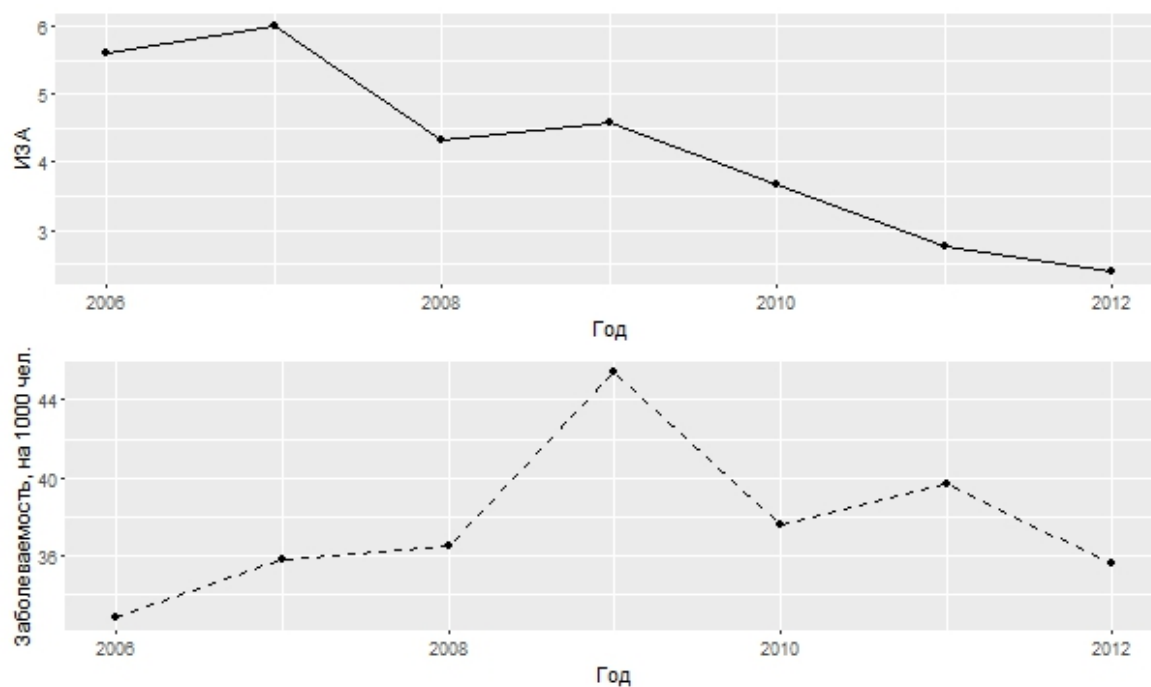


Рис. 2. Динамика индекса загрязнения атмосферы и общей заболеваемости болезнями органов дыхания взрослого населения Фрунзенского района г. Минска

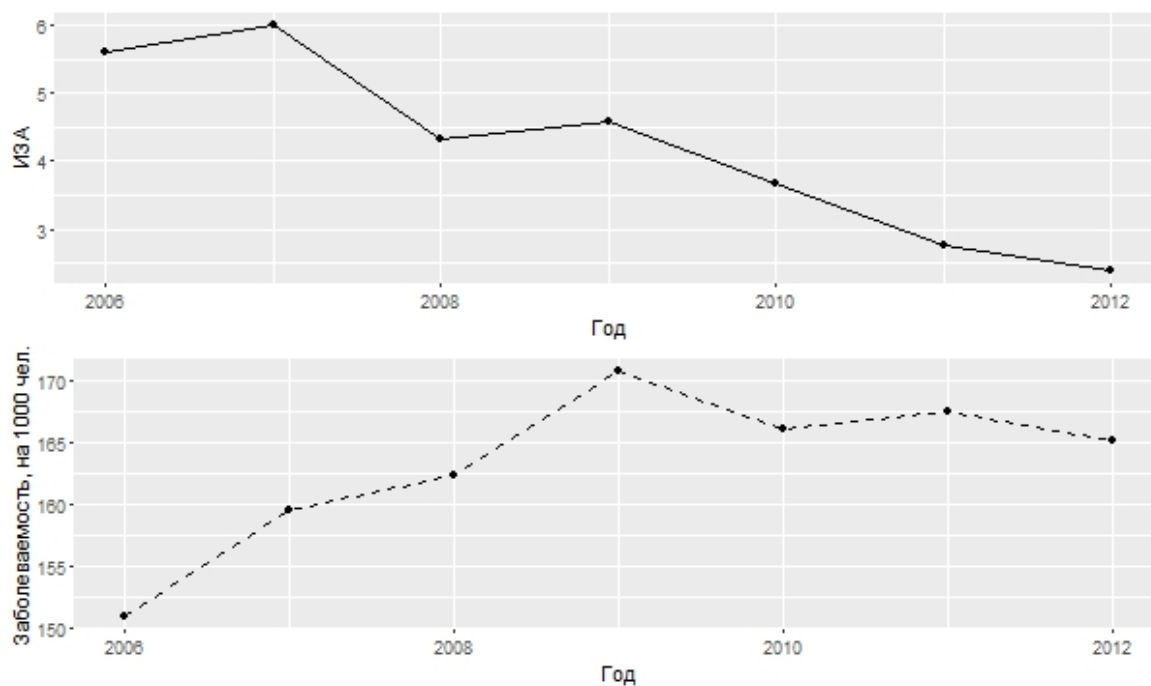


Рис. 3. Динамика индекса загрязнения атмосферы и общей заболеваемости болезнями органов дыхания детского населения Фрунзенского района г. Минска

до 2007 г. уровень загрязнения атмосферного воздуха характеризовался как высокий и повышенный, до 2009 г. росла и общая заболеваемость БОД населения Фрунзенского района г. Минска;

в 2008 г. наблюдалось 30%-ное снижение индекса загрязнения атмосферного воздуха по сравнению с 2007 г., далее в 2009 г. произошло незначительное повышение ИЗА на одну условную еди-

ницу, что полностью соответствовало динамике общей заболеваемости БОД населения Фрунзенского района г. Минска в 2009–2011 гг.;

начиная с 2009 г. наблюдается устойчивое снижение индекса загрязнения атмосферного воздуха, что позволяет предположить снижение показателя общей заболеваемости БОД населения Фрунзенского района г. Минска в период с 2011 г.

по 2014 г. Действительно, в 2012 г. наблюдалось снижение как первичной, так и общей заболеваемости БОД населения Фрунзенского района г. Минска.

Аналогичные тенденции прослеживаются и в случае наложения графиков динамики ИЗА и общей заболеваемости болезнями органов дыхания детского населения Фрунзенского района г. Минска со сдвигом на два года вперед (рис. 3).

Следует отметить, что полученные нами результаты по наличию двухлетней отсрочки эффекта после воздействия загрязнителей атмосферного воздуха соответствуют литературным данным [4, 5].

В работах, посвященных оценке риска эколого-зависимых заболеваний по критериям, тесно связанным с характером мультиполлютантного профиля выбросов в атмосферу, отмечается важность выявления отдельных поллютантов, являющихся доминирующей причиной в негативных последствиях для здоровья. Широко используемый подход для идентификации и описания мультиполлютантных профилей загрязнения воздуха – метод кластерного анализа [6]. В нашем исследовании иерархическому кластерному анализу по методу Варда подвергались данные о среднемесячных концентрациях отдельных поллютантов за каждый год исследуемого 7-летнего периода.

Выявлена дифференцировка десяти изученных поллютантов по вкладу в общее загрязнение атмосферы на три кластера (рис. 4): первый кластер включает монооксид углерода, бензол и ксилол. Второй кластер объединяет акролеин, диоксид серы, фенол, формальдегид и взвешенные вещества, что может указывать на общность вклада в загрязнение атмосферы. Третий кластер объединяет 1,3-бутадиен и диоксид азота, что также может указывать на значительную общность вклада в загрязнение атмосферы.

Следует отметить, что монооксид углерода, бензол и ксилол отделены от остальных загряз-

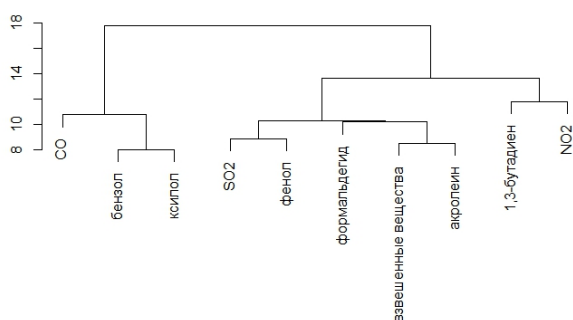


Рис. 4. Дендрограмма динамики загрязнения атмосферного воздуха Фрунзенского района г. Минска за 2006–2012 гг.

нителей воздуха на очень высоком уровне, то есть сходство между остальными загрязнителями по вкладу в загрязнение атмосферы сильнее, чем каждого из них с указанными загрязнителями.

Далее посредством дисперсионного анализа по методу главных компонент был проанализирован количественный вклад всех контролируемых показателей в суммарный индекс загрязнения атмосферного воздуха.

Выявлены три значимые главные компоненты (табл.), суммарный вклад которых в общую дисперсию составляет 59,9%.

Первая определяет $29,2 \pm 1,7\%$ вариации ИЗА и отрицательно коррелирует со среднемесячными концентрациями акролеина ($r=-0,464$), диоксида серы ($r=-0,458$) и фенола ($r=-0,425$).

Вторая определяет $19,4 \pm 1,4\%$ вариации ИЗА и положительно коррелирует со среднемесячными концентрациями бензола ($r=0,620$), ксилола ($r=0,568$) и монооксида углерода ($r=0,467$).

Третья определяет $11,3 \pm 1,1\%$ вариации ИЗА и отрицательно коррелирует со среднемесячными концентрациями 1,3-бутадиена ($r=-0,464$).

Таким образом, в результате дисперсионного анализа внутри каждого кластера, полученного на предыдущем этапе анализа, удалось выявить доминирующий загрязнитель атмосферного воздуха. Обобщив данные, полученные в результате кластерного анализа, с результатами метода главных компонент, можно заключить, что основными поллютантами, обуславливающими загрязнение атмосферы, а также определяющими показатели общей заболеваемости населения Фрунзенского района г. Минска болезнями органов дыхания, являются акролеин, бензол и 1,3-бутадиен.

Далее был проведен пространственный анализ взаимосвязи загрязненности атмосферного воздуха и общей заболеваемости БОД детского и взрослого населения Фрунзенского района г. Минска (рис. 5), позволивший установить, что:

среднегодовые (за 2006–2012 гг.) показатели ИЗА, по данным наблюдений на территории Фрунзенского района г. Минска, увеличиваются в юго-восточном направлении с максимальным значением в районе ул. Пономаренко;

для среднегодовых (за 2006–2012 гг.) показателей общей заболеваемости взрослого населения, по данным амбулаторно-поликлинических организаций, расположенных на территории Фрунзенского района г. Минска, характерно радиальное распределение: заболеваемость в «спальных районах» ниже, чем при приближении к центру города.

Для показателей общей заболеваемости детского населения, по данным амбулаторно-поликли-

Таблица

Факторный анализ по методу главных компонент индекса загрязнения атмосферного воздуха Фрунзенского района г. Минска за 2006–2012 гг.

Отдельные загрязнители	ГК1	ГК2	ГК3
Формальдегид	-0.383	-0.111	-
Монооксид углерода	-0.213	0.467	-
1,3-бутадиен	-0.180	-	-0.711
Взвешенные вещества	-0.382	-0.189	0.451
Диоксид азота	-0.174	-	-0.424
Диоксид серы	-0.458	-	-
Акролеин	-0.464	-	0.219
Бензол	-	0.620	-
Фенол	-0.425	-	-0.104
Ксилол	-	0.568	0.213
Стандартное отклонение	1.7	1.4	1.1
Доля компоненты в общей дисперсии, в процентах	29.2	19.4	11.3



Рис. 5. Пространственное распределение среднегодовых показателей ИЗА (квадраты), общей заболеваемости детского (ромбы) и взрослого (круги) населения Фрунзенского района г. Минска

нических организаций, расположенных на территории Фрунзенского района г. Минска, четкой взаимосвязи установить не удалось, что может быть связано с высокой лабильностью контингента посетителей, а также с недостаточным количеством данных вследствие небольшого срока работы большей части исследованных детских поликлиник в районе.

Выводы

Анализ влияния окружающей среды на заболеваемость болезнями органов дыхания взросло-

го и детского населения Фрунзенского района г. Минска за 2006-2012 гг. позволил выявить взаимосвязь между динамикой выбросов в атмосферу загрязняющих веществ и общей заболеваемостью болезнями органов дыхания.

Установлено, что основными поллютантами, которые значительно влияют на динамику загрязнения атмосферы и, следовательно, заболеваемость БОД, явились акролеин, бензол и 1,3-бутадиен.

Пространственный анализ взаимосвязи загрязненности атмосферного воздуха и общей за-

болеваемости БОД взрослого населения Фрунзенского района г. Минска позволил выявить положительную взаимосвязь между территориальным направлением увеличения как загрязненности атмосферного воздуха, так и общей заболеваемости.

Для уменьшения промышленного загрязнения атмосферного воздуха Фрунзенского района г. Минска предприятиям можно рекомендовать проведение мероприятий по минимизации выбросов поллютантов, в частности ОАО «Минский завод отопительного оборудования» – усовершенствовать газоочистные установки, а ТЭЦ-4 – оснастить производство более эффективными системами пылеулавливания топливосжигающего оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Крымская, Т.П. Гигиенический анализ химических показателей внутренней среды помещений / Т.П.Крымская [и др.] // Республиканская научно-практическая конференция с международным участием, посвященная 50-летию медико-профилактического факультета: сб.науч. тр. / Белорус. гос. мед. ун-т; редкол.: А.В.Сикорский [и др.]. – Минск: БГМУ, 2015. – С.243–247.
2. Jantunen, Matti J. Effect of outdoor generated pollutants on indoor air quality and health / Matti J. Jantunen // Proceedings of Clima 2007 WellBeing Indoors. – Helsinki (Finland): FINVAC, 2007. – P.21–28.
3. Методические рекомендации по экспериментальной оценке суммарной мутагенной активности (СМА) питьевых вод с помощью концентрирования химических загрязнителей на волокнистых ионообменниках, по гигиенической оценке качества атмосферного воздуха и эколого-эпидемиологической оценке риска для здоровья населения: МР 110-9711, МР 113-9711: изд. официальное / Л.М.Радкевич [и др.]; М-во здравоохранения Респ. Беларусь, разработ.: Бел. науч.-исслед. сан.-гигиен. ин-т. – Минск: [б. и.], 1998. – 48 с.
4. Безуглая, Э.Ю. Влияние загрязнения атмосферы городов на заболеваемость гриппом и ОРЗ / Э.Ю.Безуглая // Общество. Среда. Развитие (Тerra Humana). – 2007. – Вып.1. – С.93–102.
5. Качество воздуха в крупнейших городах России за десять лет (1998–2007 гг.): Аналитический обзор. – СПб: Государственное учреждение «Главная геофизическая обсерватория им. А.И.Воейкова», 2009. – 133 с.
6. Белугин, С.Н. Кластерный анализ мультиполлютантных выбросов в атмосферу и первичная заболеваемость детей в Беларуси, 2005–2013 гг. / С.Н.Белугин / Медицинский журнал. – 2015. – №4. – С.51–55.

ANALYSIS OF THE SPATIAL-TEMPORAL ASSOCIATION BETWEEN AIR POLLUTION AND RESPIRATORY DISEASES AMONG POPULATION OF MINSK

A.G.Sysa, E.P.Zhyvitskaya, A.M.Mindryk, M.A.Dubina

International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, Minsk, Republic of Belarus

The object of the research was the statistical information about the incidence of respiratory diseases among adults (data from seven outpatient organizations) and the child population (data from six outpatient organizations) at the Frunzensky District of Minsk between 2006 and 2012, as well as statistical data from the monitoring points of center for hygiene and epidemiology of the Frunzensky District of Minsk about the mean monthly concentration of the major air pollutants during the same period. The analysis in the article was carried out based on the platform R. Analysis of the impact of the environment on the incidence of the respiratory diseases among adult and the child population at Frunzensky District of Minsk during the study period revealed the relationship between the dynamics of emission of air pollutants and the studied morbidity. It has been established that the major pollutants that effect the dynamics of atmosphere pollution significantly, and, consequently, on the incidence of respiratory disease were acrolein, benzole and 1,3-butadiene. Dimensional analysis of the relationship between the air pollution and sick rate of the respiratory diseases among adult population at Frunzensky District of Minsk has revealed a trend of increasing air pollution as well as the sick rate.

Keywords: respiratory diseases, air pollution index, factor analysis, cluster analysis, spatial analysis.

Поступила 07.07.2016 г.