

УДК 502.31:612.014.4

**Г.А. Сигора, доцент, канд. биол. наук,**

**О.Н. Данильчук, аспирантка**

*Севастопольский национальный технический университет*

*ул. Университетская 33, г. Севастополь, Украина, 99053*

*E-mail: peot2@mail.ru*

## **ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ АТМОСФЕРЫ НА ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ ОРВИ И СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЭТОГО ВЛИЯНИЯ**

*Установлена высокая корреляционная связь между уровнем заболеваемости населения г. Севастополя ОРВИ и уровнем загрязненности атмосферного воздуха. Построены прогностические модели регрессионного типа для количественного описания связи между уровнем заболеваемости ОРВИ и концентрацией в атмосфере диоксида азота, диоксида серы, оксида углерода и пыли.*

**Ключевые слова:** *загрязнение атмосферного воздуха, корреляция, модель регрессионного типа, заболеваемость органов дыхания*

В Украине проблема оценки влияния выбросов загрязняющих веществ на заболеваемость населения мало исследована. Загрязнение атмосферного воздуха, по сравнению с загрязнением других объектов среды, оказывает едва ли не наибольшую роль в экологической нагрузке на население. Заболеваемость органов дыхания является адекватным показателем неспецифического влияния загрязнения атмосферного воздуха на здоровье населения. Количественные характеристики зависимостей вредных эффектов от уровней влияния конкретных факторов позволяют оценить реальную угрозу здоровью и дают объективные основания для внедрения профилактических мероприятий.

Заболеваемость населения является важнейшим критерием, характеризующим качество окружающей среды. В частности, состояние окружающей среды значительно влияет на заболеваемость острыми респираторными вирусными инфекциями (ОРВИ) [1, 2]. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), на долю ОРВИ, включая грипп, приходится около 90% случаев всех инфекционных заболеваний.

Характерно, что показатели заболеваемости ОРВИ мало меняются от года к году, при этом существует четкая зависимость уровня заболеваемости городского населения от численности населения. Наибольшая неэпидемическая заболеваемость ОРВИ отмечена в городах с численностью населения 1 млн и больше 29,7%. В городах с населением от 500 тыс. до 1 млн неэпидемическая заболеваемость составляет в среднем 24,1%, а в городах с населением меньше 500 тыс. 22,1% [3]. Среди детей заболеваемость ОРВИ в 3...4 раза выше, чем у взрослых. Связано это с особенностями функционирования детского организма в целом и иммунной системы в частности.

Существует большое разнообразие факторов, как природных, так и антропогенных, определяющих состояние окружающей среды. Как известно, связь между воздействиями различных экологических факторов и развитием болезни не всегда четко прослеживается. Более или менее четким доказательством являются выделение действующего экологического фактора и изучение его влияния на то или иное заболевание с помощью статистических подходов (в том случае, если это заболевание является экозависимым).

В развитии заболеваемости ведущую роль играют четыре этиологических фактора: медицинский, социальный, образ жизни и состояние окружающей среды, которые различны по характеру, направленности и силе влияния.

Медицинский фактор включает в себя инфекции, генетическую предрасположенность, квалифицированную медицинскую помощь. Социальный – среду обитания, отношение человека к своему здоровью. А образ жизни включает питание, занятие спортом, употребление алкоголя, курение. Безусловно, неблагоприятные социально-гигиенические факторы влияют на здоровье людей и способны изменить демографические показатели и картину заболеваемости. Тем не менее, эксперты Всемирной организации здравоохранения еще в 80-х годах прошлого столетия определили вклад состояния окружающей среды в состояние здоровья населения на уровне 20...25% [3].

В современном обществе к статистическим методам проявляется повышенный интерес как к одному из важнейших аналитических инструментариев в сфере поддержки процессов принятия решений. В частности, используя методы корреляционно-регрессионного анализа, аналитики измеряют тесноту связей показателей с помощью коэффициента корреляции. При этом обнаруживаются связи, различные по силе (сильные, слабые, умеренные и др.) и различные по направлению (прямые, обратные). Если связи окажутся существенными, то целесообразно будет найти их математическое выражение в виде регрессионной модели и оценить статистическую значимость модели. Регрессионный анализ называют

основным методом современной математической статистики для выявления неявных и завуалированных связей между данными наблюдений.

Исходя из вышесказанного в качестве *объекта исследования* выбраны заболеваемость населения г. Севастополя ОРВИ и загрязненность атмосферы города пылью, диоксидом серы, диоксидом азота, оксидом углерода.

*Цель данной статьи* – изучение взаимосвязи между загрязнением атмосферного воздуха в г. Севастополе и заболеваемостью ОРВИ населения города с помощью статистических методов.

#### Методика исследования и фактический материал

Постановка задачи регрессионного анализа формируется на основании работ [5, 6].

Имеется совокупность результатов наблюдений. В этой совокупности один столбец соответствует показателю, для которого необходимо установить функциональную зависимость с параметрами объекта и среды, представленными остальными столбцами. Требуется: установить количественную взаимосвязь между показателем и факторами. В таком случае задача регрессионного анализа понимается как задача выявления такой функциональной зависимости  $y = f(x_2, x_3, \dots, x_n)$ , которая наилучшим образом описывает имеющиеся экспериментальные данные.

Допущения: количество наблюдений достаточно для проявления статистических закономерностей относительно факторов и их взаимосвязей; обрабатываемые данные содержат некоторые ошибки (помехи), обусловленные погрешностями измерений, воздействием неучтенных случайных факторов; матрица результатов наблюдений является единственной информацией об изучаемом объекте, имеющейся в распоряжении перед началом исследования.

Функция  $f(x_2, x_3, \dots, x_n)$ , описывающая зависимость показателя от параметров, называется уравнением (функцией) регрессии.

Решение задачи регрессионного анализа целесообразно разбить на несколько этапов: предварительная обработка данных; выбор вида уравнений регрессии; вычисление коэффициентов уравнения регрессии; проверка адекватности построенной функции результатам наблюдений.

Предварительная обработка включает стандартизацию матрицы данных, расчет коэффициентов корреляции, проверку их значимости и исключение из рассмотрения незначимых параметров.

В настоящем исследовании в качестве регрессионной переменной (фактора) взяты концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе г. Севастополя, а в качестве результативного признака (отклика) выбран показатель здоровья населения города – заболеваемость ОРВИ.

В структуре распространенности болезней всего населения г. Севастополя 1-ое место принадлежит заболеваниям системы кровообращения, на 2-ом – органы дыхания, на 3-ем – заболевания нервной системы и органов чувств и на 4-ом месте – заболевания органов пищеварения. Следует отметить, что по распространенности болезней органов дыхания, системы кровообращения и онкологии г. Севастополь является одним из самых неблагополучных городов Украины.

В настоящее время в г. Севастополе наблюдается значительное увеличение выбросов загрязняющих веществ от автотранспорта. Данные о заболеваемости населения города болезнями органов дыхания с 1998 по 2012 год и о концентрациях пыли, диоксида азота, диоксида серы, оксида углерода за этот же период были получены в санитарно-эпидемиологической службе (СЭС) г. Севастополя. Динамика изменения уровня заболеваемости ОРВИ населения представлена на рисунке 1.

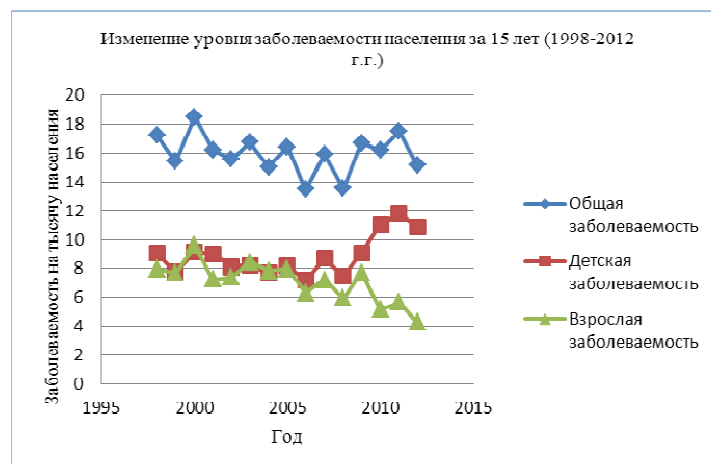


Рисунок 1 – Изменение уровня заболеваемости населения ОРВИ за 15 лет

Как видно из рисунка, динамика заболеваемости ОРВИ детского и взрослого населения последние годы значительно отличается друг от друга. Вероятно, это связано с тем, что заболеваемость населения



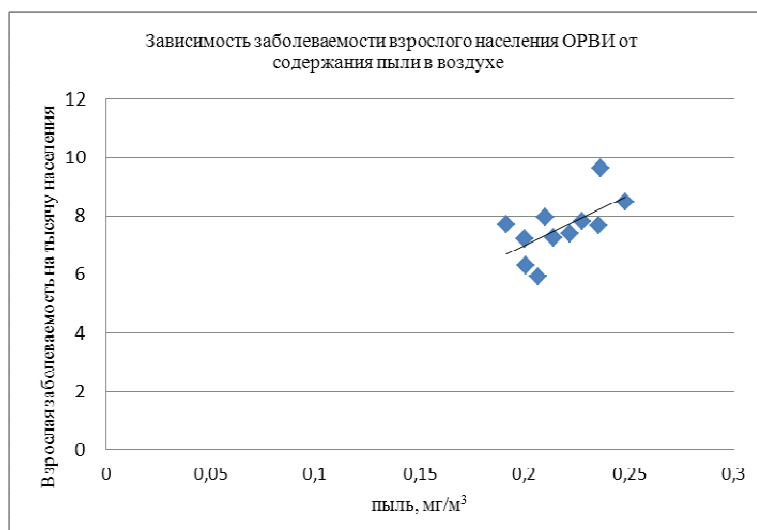


Рисунок 3 – Регрессионная модель зависимости взрослой заболеваемости от содержания пыли в воздухе

Зависимость заболеваемости взрослого населения от суммарного воздействия  $\text{NO}_2 + \text{SO}_2$  коррелирует с коэффициентом корреляции 0,671 – это сильная корреляция, переменные коррелируют положительно.

Регрессионная модель представлена на рисунке 4.

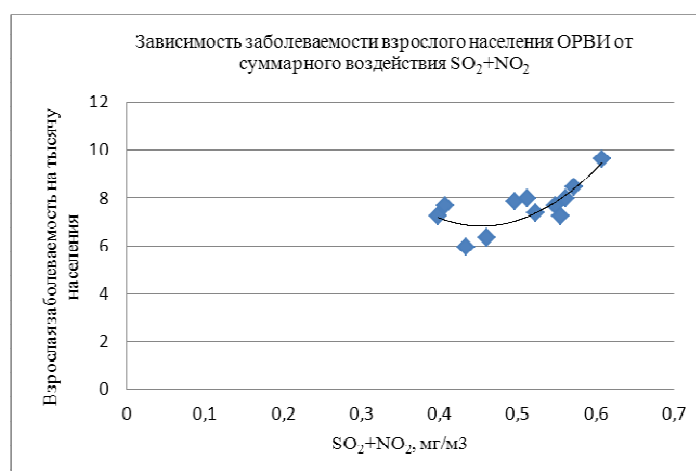


Рисунок 4 – Регрессионная модель зависимости взрослой заболеваемости от эффекта суммации  $\text{SO}_2 + \text{NO}_2$

Для построения количественного прогноза построена регрессионная модель. Модель, связывающая уровень заболеваемости ОРВИ взрослого населения с суммарным воздействием  $\text{NO}_2 + \text{SO}_2$  имеет вид:

$$y = 111,9x^2 - 101,6x + 29,93, \quad R^2 = 0,660,$$

где  $y$  – величина заболеваемости болезнями органов дыхания в г. Севастополе на тысячу взрослого населения;  $x$  – содержание  $\text{NO}_2 + \text{SO}_2$ ,  $\text{мг/м}^3$ . Используем полиномиальную зависимость как лучше согласующуюся со статистическими данными.  $R^2 = 0,660$  – показывает, что в 66 % случаев болезнь вызвана превышением содержания  $\text{NO}_2 + \text{SO}_2$  в воздухе, 34 % – процент, вызванный влиянием неучтенных факторов.

В ходе проведения корреляционно-регрессионного анализа корреляция была выявлена между заболеваемостью ОРВИ на тысячу населения и содержанием всех исследуемых поллютантов в атмосферном воздухе. Рассмотрим подробнее зависимость заболеваемости населения от содержания от суммарного воздействия  $\text{NO}_2 + \text{SO}_2$ , как наиболее показательную.

Коэффициент корреляции Пирсона 0,755 – это сильная корреляция, переменные коррелируют положительно. Регрессионная модель представлена на рисунке 5.

Для построения количественного прогноза построена регрессионная модель. Модель, связывающая уровень заболеваемости ОРВИ населения с суммарным воздействием  $\text{SO}_2 + \text{NO}_2$  имеет вид:

$$y = 11,68 \ln(x) + 23,52, \quad R^2 = 0,571,$$

где  $y$  – величина заболеваемости болезнями органов дыхания в г. Севастополе на тысячу населения;  $x$  – содержание  $\text{NO}_2 + \text{SO}_2$ ,  $\text{мг/м}^3$ . Используем логарифмическую зависимость как лучше согласующуюся со статистическими данными.  $R^2 = 0,571$  – показывает, что в 57,1 % случаев болезнь вызвана превышением содержания  $\text{NO}_2 + \text{SO}_2$  в воздухе, 42,9 % – процент, вызванный влиянием неучтенных факторов.

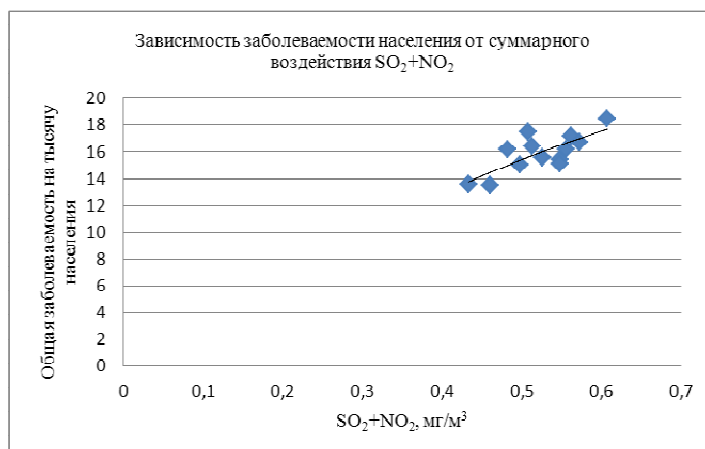


Рисунок 5 – Регрессионная модель зависимости заболеваемости населения от эффекта суммации  $\text{SO}_2 + \text{NO}_2$

### Выводы

1. Анализ официальных материалов по контролю за состоянием атмосферного воздуха в г. Севастополе на двух стационарных постах наблюдений и передвижных постах санитарно-эпидемиологической службы показывает, что превышения предельно допустимых концентраций (ПДК) по основным загрязняющим веществам – оксидам азота, пыли, оксиду углерода и оксиду серы, в основном не наблюдается. Тем не менее, выявлено статистически достоверное влияние уровня загрязненности атмосферы на заболеваемость населения г. Севастополя ОРВИ.

2. К сожалению, на данное время, контроль за содержанием веществ, загрязняющих атмосферу, на стационарном посту СЭС г. Севастополя ведется только по четырем загрязняющим веществам.

3. За последние три года увеличилось фиксирование детской заболеваемости ОРВИ и уменьшилось фиксирование заболеваемости взрослого населения.

4. Обнаружена значимая корреляция детской заболеваемости ОРВИ с уровнем загрязненности атмосферного воздуха диоксидом азота.

5. Обнаружена значимая корреляция заболеваемости взрослого населения ОРВИ с уровнем загрязненности атмосферы города пылью, диоксидом серы, диоксидом азота и при учете эффекта суммации диоксида азота и диоксида серы.

6. Обнаружена значимая корреляция заболеваемости населения ОРВИ с уровнем загрязненности атмосферы города пылью, диоксидом серы и диоксидом азота и при учете эффекта суммации диоксида азота и диоксида серы.

7. Получены регрессионные модели зависимости уровня заболеваемости ОРВИ населения города Севастополя от загрязнения атмосферы. Представленные регрессионные модели, связывающие заболеваемость ОРВИ с величиной концентраций загрязняющих веществ в г. Севастополе, можно использовать в практических целях, например, для оценки возможной эффективности природоохранных мероприятий или в прогностических целях.

В дальнейших исследованиях предполагается продолжить изучение взаимосвязи между загрязнением атмосферного воздуха городов Крыма и заболеваемостью болезнями органов дыхания населения этих городов с помощью статистических методов; проведение сравнительного анализа динамики заболеваемости болезнями органов дыхания населения проанализированных городов в связи с изменением загрязненности атмосферного воздуха.

### Библиографический список использованной литературы

1. Сигора Г.А. Применение метода регрессионного анализа к количественному описанию степени влияния загрязнения на здоровье населения / Г.А. Сигора // Вестник СевНТУ. Сер. Механіка, енергетика, екологія: сб. науч. тр. — Севастополь, 2008. — Вып. 97. — С. 188–191.

2. Деревянко Я.Я. Факторы, влияющие на здоровье населения и возможные пути снижения их воздействия / Я.Я. Деревянко, Т.Б. Рахимова // Сб. науч. работ XV Междунар. научно-практической конф.: в 2 т. – Т.1. / УкрГНТЦ “Энергосталь”. — Харьков: Сага, 2007. — С. 3–6.

3. Бариляк І.Р. Екологія, імунитет і стан здоров'я населення України / І.Р. Бариляк, В.М. Фролов // Актуальні проблеми акушерства і гінекології, клінічної імунології та медичної генетики: зб. наук. праць. — Київ, Луганськ, 1998. — С. 179–190.

4. Завгородній В.В. Гігієнічна оцінка забруднення атмосферного повітря м. Черкаси / В.В. Завгородній // Довкілля та здоров'я. — 2005. — № 4 (35). — С. 58–61.

5. Гмурман В.Е. Теорія ймовірностей і математическа статистика / В.Е. Гмурман. — М.: Вища школа, 2003. — 480 с.

6. Дубров А.М. Многомерные статистические методы / А.М. Дубров, В.С. Мхитарян, Л.И. Трошин. — М.: Финансы и статистика, 2003. — 352 с.

*Поступила в редакцію 28.05.2013 г.*

**Сігора Г.А., Данильчук О.М. Вплив забруднення атмосфери на захворюваність населення на ГРВІ та статистичні методи оцінки цього впливу**

Встановлено високий кореляційний зв'язок між рівнем захворюваності населення м. Севастополь ГРВІ та рівнем забруднення атмосферного повітря міста. Побудовано прогностичні моделі регресивного типу для кількісного опису зв'язку між рівнем захворюваності на ГРВІ та концентрацією в атмосферному повітрі діоксиду азоту, діоксиду сірки, оксиду вуглецю та пилу.

**Ключові слова:** забруднення атмосферного повітря, кореляція, модель регресійного типу, захворюваність органів дихання.

**Sigora G.A., Danilchuk O.N. Influence of atmospheric pollution on the incidence of SARS and statistical methods of impact assessment**

A high correlation between the level of morbidity of the population of Sevastopol SARS and the level of pollution of atmospheric air of the city is established. Built prognostic regression-type model for quantitative description of the relationship between the level of SARS and concentration in the ambient air, nitrogen dioxide, sulfur dioxide, carbon monoxide and dust is plotted.

**Keywords:** air pollution, correlation, regression-type model, the incidence of respiratory.