

УДК 54.07

ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ ВРЕМЕННЫХ СВЯЗЕЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ПРИЗЕМНОГО ОЗОНА И ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ В ЦЕНТРАЛЬНЫХ РЕГИОНАХ РОССИИ.

Трубицын А.В., к.т.н., доцент, Email: trubitsyn@mirea.ru

Котельников С.Н., аспирант, Email: skotelnikov@mail.ru

МГТУ МИРЭА, Москва, Россия

Аннотация. Отрицательное воздействие приземного озона на органы дыхания и сердечно сосудистую систему общепризнано.

В настоящей работе использованы методы статистического корреляционного анализа для обработки временных рядов вызовов скорой помощи, связанных с сердечно сосудистыми и респираторными заболеваниями, смертностью и среднесуточными концентрациями приземного озона и температуры воздуха в летние месяцы 2010 года в г. Вятские Поляны и г. Москва.

В Вятских Полянах при высоких температурах воздуха и низких концентрациях озона статистическая связь временных рядов вызовов скорой помощи, связанных с сердечно сосудистыми заболеваниями отсутствует. А при воздействии среднесуточных концентраций приземного озона более 60 мкг/м^3 в течение 16 дней подряд, коэффициент корреляции между озоном и количеством вызовов скорой помощи составил статистически значимую величину $r = 0,62$. Сильная задымленность от лесных пожаров уменьшила и концентрацию озона и количество вызовов скорой помощи.

Показано, что повышенные концентрации приземного озона оказывают модифицирующий эффект при воздействии высоких температур воздуха на сердечно сосудистые заболевания.

В г. Москва, высокие концентрации озона (O_3) оказали острое воздействие на респираторные заболевания и смертность. Концентрации O_3 имеют статистически значимую связь с пневмонией $r = 0,74$ и смертностью $r = 0,7$.

Ключевые слова: изменение климата, волны жары, озон, лесные пожары, дым, сердечно сосудистые и респираторные заболевания, смертность.

THE RESEARCH OF TIME CORRELATIONS BETWEEN GROUND-LEVEL OZONE CONCENTRATION AND POPULATION HEALTH IN RUSSIA'S CENTRAL REGIONS

Trubitsyn A.V., PhD., assoc. prof., E-mail: trubitsyn@mirea.ru

Kotelnikov S.N., postgraduate, E-mail: skotelnikov@mail.ru

MSTU MIREA, Moscow, Russia

Abstract. The negative impact of ground-level ozone on respiration organs and cardiovascular system is widely recognized.

The present work utilizes methods of statistical correlation analysis for processing time series of emergency calls linked to cardio-vascular and respiratory diseases, mortality rates and daily-average concentrations of ground-level ozone and atmospheric temperature in summer months of year 2010 in Moscow and Vyatskie Polyany.

In Vyatskie Polyany town, having high atmospheric temperatures and low ground-level ozone concentrations, the correlation of emergency call time series related to cardio-vascular diseases was not found. However, when the daily-average concentrations of ground-level

ozone stayed at 60 mg/m^3 during a 16-day time period, the correlation ratio reached a statistically significant value of $r = 0.62$. High concentration of smoke due to forest fires decreased ozone concentration as well as number of emergency calls.

It is shown that high concentrations of ground-level ozone have a modifying effect on cardiovascular diseases under the influence of high air temperatures.

In Moscow high concentrations of ozone (O_3) had a dramatic effect on respiratory diseases and mortality rate. Concentrations of O_3 do have a statistically significant correlation with pneumonia ($r = 0.74$) and the mortality rate ($r=0.7$).

Key words: climate change, heat waves, ozone, forest fires, smoke, cardio-vascular and respiratory diseases, mortality rate

Приземный озон является **вторичным загрязнителем** атмосферы и появление его в больших концентрациях свидетельствует о значительном загрязнении воздуха выхлопами автотранспорта и другими продуктами высокотемпературного сгорания. В приземном слое атмосферного воздуха озон образуется в результате фотохимических реакций с участием оксидов азота (NO_x), летучих органических соединений (ЛОС) и ряда других веществ, называемых предшественниками озона.

Как показали результаты исследований [1,2,3], с наступлением жаркой погоды, в загрязнённой атмосфере, происходит интенсивное фотохимическое образование озона и его концентрации в городе и за городом могут достигать в России опасных для здоровья величин. Летом 2010 г. в Московском регионе отмечались очень высокие приземные концентрации озона (ПКО) [3]. Средние часовые ПКО в атмосфере столицы в летние месяцы превышали значения 450 мкг/м^3 , а в г. Зеленоград и Звенигород были более 500 мкг/м^3 .

Аномально жаркая погода летом 2010 г. установившаяся на обширной территории России [3] захватила и юг Кировской области. В июне температура воздуха в Вятских Полянах превышала средние многолетние значения на $3,3$ градуса, в июле на $6,4$ градуса по Цельсию, а в августе на $5,4$ градуса соответственно.

Методы и материалы

Вятские Поляны

Временные ряды данных ПКО и температуры воздуха получены на станции мониторинга «Вятские Поляны». В Кировской обл. регулярные измерения озона проводятся в г. Вятские Поляны на высоте пятого этажа пятиэтажного дома на окраине города в парковой зоне. Для измерения приземного озона используется серийный отечественный (производства «ОПТЭК», г. С-Петербург) хемилюминесцентный газоанализатор озона марки 3.02 П-А. Газоанализатор входит в состав автоматической станции мониторинга атмосферного воздуха. Сопутствующие метеопараметры

измеряются автоматической метеостанцией Vantage Pro 2 Plus производства Davis Instruments. Станция мониторинга управляется через сеть мобильной связи и работает в режиме он-лайн. Информация доступна через сеть Интернет на любой подключённый к сети терминал (мобильный телефон, компьютер и т.д.). Станция имеет «белый» IP-адрес и «видна» в любой стране. Город Вятские Поляны расположен на юге Кировской обл., количество населения вместе с районом около 50 тыс. человек. Предприятий с вредными выбросами на территории района нет. Региональный воздушный фон загрязняющих веществ формирует местный автотранспорт и дальний перенос. Ближайший мегаполис г. Казань находится на расстоянии 180 км.

Для анализа временных рядов заболеваемости населения использовалась база данных станции скорой медицинской помощи г. Вятские Поляны, которая обслуживает и район. Таким образом, генеральная совокупность составила примерно 50 тысяч человек. Для анализа отбирались случаи вызова скорой помощи за сутки, связанные с сердечно сосудистыми заболеваниями. Это: ишемическая болезнь сердца, мерцательная аритмия, наджелудочковая пароксизмальная тахикардия, желудочковая тахикардия, блокады сердца, пороки сердца, острая левожелудочковая недостаточность, острый инфаркт миокарда, стенокардия, острое нарушение мозгового кровообращения, сердечная астма, отек лёгких, коллапс, экстрасистолия и цереброваскулярные болезни. Количество вызовов скорой помощи (ВСП) за сутки, связанных с сердечно сосудистыми заболеваниями, исследовали с помощью методов математической статистики совместно с среднесуточными ПКО и среднесуточными температурами воздуха.

Москва

В г. Москва также были сопоставлены данные по вызовам скорой помощи, связанным с сердечно-сосудистыми заболеваниями, респираторными заболеваниями, смертностью и максимальными среднечасовыми концентрациями озона за июль-август 2010 г. Использовалась база данных станции скорой медицинской помощи им. А.С. Пучкова, статистика смертности получена из [4], а временные ряды максимальных среднечасовых ПКО за тот же период получены с сайта ГПУ «Мосэкомониторинг». Для обработки временных рядов были использованы методы статистического корреляционного анализа.

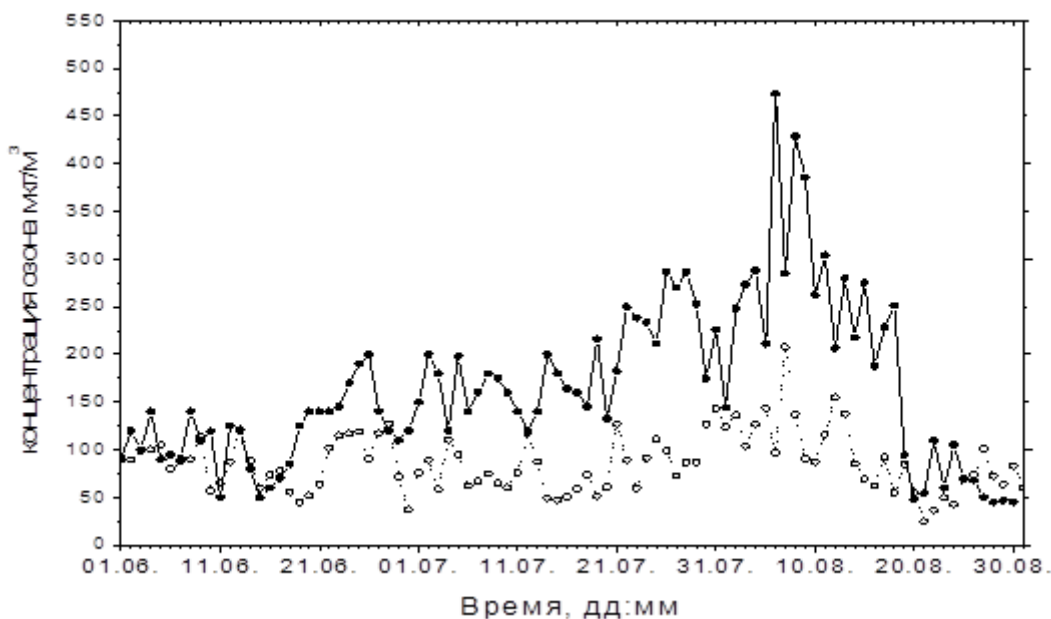


Рисунок 1. Одновременный ход максимальных среднечасовых ПКО на станции мониторинга Вятские Поляны и станциях Мосэкомониторинга —●—●— летом 2010 г.

Результаты

На рис.1 показан ход максимальных среднечасовых ПКО в июне-августе 2010 г. на станции мониторинга Вятские Поляны и г. Москва. Ряды максимальных среднечасовых ПКО на станции мониторинга Вятские Поляны и в г. Москва имеют положительную связь, коэффициент корреляции между рядами $r = 0,4$. Самые высокие среднечасовые ПКО наблюдались в пригороде Москвы (г. Зеленоград) 508 мкг/м^3 [3] 6 августа, в Долгопрудном 344 мкг/м^3 [3], в г. Вятские Поляны 208 мкг/м^3 также 6 августа. В этот день, в Вятских Полянах, максимально разовая предельно допустимая концентрация озона была превышена два раза по времени. За весь летний период 2010 г. в Вятских Полянах это было единственное превышение максимальной разовой предельно допустимой концентрации (ПДК_{мр}).

В Москве, регулярное превышение ПДК_{мр} стали отмечаться с конца июня. В июне, в Вятских Полянах двойное превышение среднесуточной предельно допустимой концентрации (ПДК_{сс}) наблюдалось 5 дней подряд, коэффициент корреляции между озоном и температурой $r = 0,62$. В июле двойное превышение ПДК_{сс} составило 3 дня подряд в конце месяца, коэффициент корреляции между температурой и озоном $r = 0,62$. В августе двойное и более превышение ПДК_{сс} наблюдалось 16 дней подряд до 13 августа. Коэффициент корреляции между озоном и температурой составил величину

$r = 0,86$, а между количеством вызовов скорой помощи (ВСП) и среднесуточными ПКО он составил статистически значимую величину $r = 0,62$ (95% граница $=0,47$). В июне и июле связи между ВСП и ПКО нет.

На рисунке 2 показан суточный ход ПКО и стрелкой показан момент прихода дыма от лесных пожаров в г. Вятские Поляны 11 и 12 августа 2010 г. Во время задымления видимость составляла 100-150м., в воздухе ощущался сильный запах гари. С приходом дыма концентрации озона стали падать. На рис.3 показаны среднесуточные концентрации озона и количество вызовов скорой помощи в августе 2010 г. в г. Вятские Поляны. Стрелкой отмечен момент прихода дыма от лесных пожаров в город.

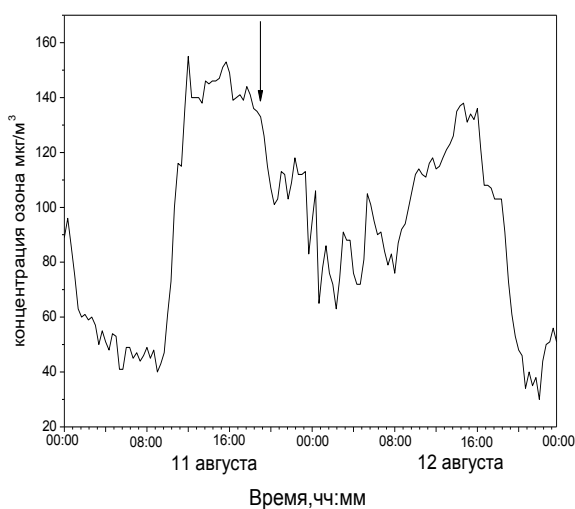


Рисунок 2. Суточный ход ПКО на станции мониторинга Вятские Поляны с усреднением измерений 20 мин. Стрелкой обозначен момент прихода дыма от лесных пожаров в августе 2010 г.

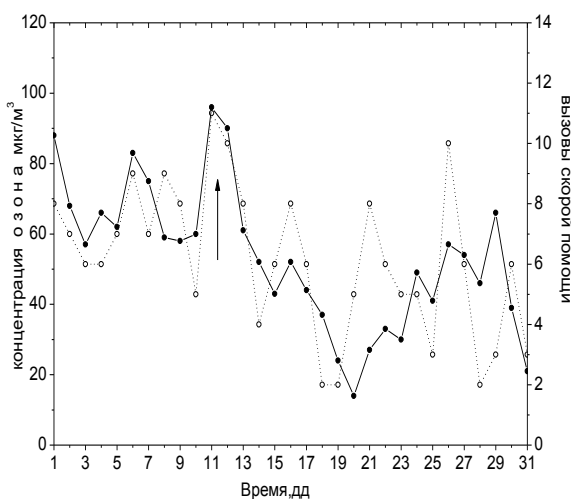


Рисунок 3. Ход среднесуточных значений ПКО —●—●— и ВСП …○…○… в г. Вятские Поляны в августе 2010 г.. Стрелкой показан момент прихода дыма от лесных пожаров.

Корреляционный анализ рядов максимальных среднечасовых ПКО, вызовов скорой помощи, связанных с внебольничной пневмонией, острой сердечной недостаточностью и смертностью для всех групп населения в Москве в июле-августе 2010 г. показал:

-коэффициент корреляции между максимальными среднечасовыми ПКО и внебольничной пневмонией составил величину $r = 0,74$ (95% граница = 0,56);

-коэффициент корреляции между максимальными среднечасовыми ПКО и количеством смертей составил величину $r = 0,7$ (95% граница = 0,57);

-коэффициент корреляции между максимальными среднечасовыми ПКО и количеством случаев острой сердечной недостаточности составил величину $r = 0,6$ (95% граница=0,4).

Обсуждение результатов

Отрицательное воздействие озона на органы дыхания, иммунную и сердечно сосудистую систему, а также смертность детально изучено в зарубежных исследованиях [5-9]. В странах ЕС с озоном связывают ежегодную дополнительную смертность более чем 21 тыс. человек, увеличение госпитализаций с заболеваниями органов дыхания (14 тыс.) и рядом других патологий [7]. Увеличение общей смертности отмечается уже при достижении среднечасовых значений ПКО в 50-60 мкг/м^3 , причём увеличение смертности и заболеваемости не зависит от других загрязнителей [7]. В работе [6] отмечается, что влияние приземного озона на здоровье населения настолько хорошо изучено за рубежом, что по количеству вызовов скорой медицинской помощи можно косвенно определять концентрации озона в воздухе. В этой же работе показано, что при увеличении концентрации озона в предшествующей неделе на 20 мкг/м^3 приводит к увеличению смертности на 0,64% от сердечно сосудистых заболеваний и заболеваний органов дыхания.

Механизм токсического действия озона определяется его свойствами сильного окислителя, образованием свободных радикалов и перекисным окислением липидов [5-10]. Вероятный механизм отрицательного воздействия озона на сердечно сосудистую систему человека и другие жизненно важные органы может быть обусловлен целым рядом факторов, действие которых ранее экспериментально наблюдалось на животных. В работе [5] авторы инструментальными методами показали, что повышенные концентрации озона при вдыхании вызывали у животных (крысы) окислительный стресс. У животных увеличивалось количество продуктов перекисного окисления липидов (ПОЛ) - малонового диальдегида (МДА) и диеновых конъюгатов (ДК) в тканях головного мозга, печени и лёгких, а также падала активность лизоцима в сыворотке

крови. Накопление указанных веществ, свидетельствует об активации липидной пероксидации, свидетельствующей о нарушении проницаемости клеточных мембран вследствие изменения липидных матриц мембран. Кроме нарушения клеточных мембран происходит образование и накопление продуктов окисления (ПОЛ), которые сами по себе токсичны для организма и их увеличение свидетельствует о развитии окислительного стресса. В работе [10] приводятся результаты токсического влияния озона на сердечно-сосудистую систему человека в результате развития окислительного стресса и показано, что среднечасовые концентрации озона 50-60 мкг/м³ могут приводить к увеличению дополнительной смертности на 1-2%.

Выводы

Результаты исследований по Вятским Полянам показали, что при высоких температурах воздуха (превышение над многолетней средней 6,4 град.С) и низких ПКО (менее 60 мкг/м³ средне-суточное) статистическая связь этих параметров с количеством вызовов скорой помощи отсутствует. А при воздействии среднесуточных ПКО более 60 мкг/м³, в течение 16 дней подряд в августе 2010 г., коэффициент корреляции между ПКО и количеством вызовов скорой помощи составил статистически значимую величину 0,62. Сильная задымленность от лесных пожаров уменьшила концентрацию озона и не увеличила количества вызовов скорой помощи. Результаты исследований также показали обоснованность отечественного стандарта по озону - среднесуточной ПДК_{СС}=30 мкг/м³. Этот стандарт, в отличие от зарубежных, учитывает и ночные ПКО. В Вятских Полянах в августе 2010 г. наблюдались повышенные ПКО в ночное время, население спало с открытыми окнами и это могло увеличить дозу воздействия озона. Аномально высокие ПКО в г. Москва имеют статистически достоверную связь с заболеваниями и смертностью населения.

Многочисленные зарубежные клинические и эпидемиологические исследования демонстрируют связь между увеличением приземных концентраций озона, сердечно-сосудистыми, респираторными заболеваниями и смертностью [5-10]. Полученные нами данные подтверждают результаты этих исследований и показывают, что повышенные концентрации озона в приземном слое атмосферы являются фактором риска для здоровья населения России.

Список литературы:

1. Беликов И. Б., Егоров В. И., Еланский Н. Ф., и др. Положительные аномалии приземного озона в июле-августе 2002 г. в Москве и ее окрестностях. Известия РАН. Физика атмосферы и океана 2004; 40(1): 75-86.
2. Котельников С.Н., Миляев В.А., Саханова В.В., Положительные аномалии концентрации приземного озона в атмосфере некоторых фоновых районов. В кн.: Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. М.: ИГКЭ; 2009; XXII: 227-234.
3. Звягинцев А.М., Котельников С.Н и др. Аномалии концентраций малых газовых составляющих в воздухе европейской части России и Украины летом 2010 г.. // Оптика атмосф. и океана. том 24, 2011, № 07, стр.582-588.
4. Зайратьянц О.В., Черняев А.Л. и др. Структура смертности населения Москвы от болезней органов кровообращения и дыхания в период аномального лета 2010 года. Пульмонология 2011 (4): 29-33.
5. Дмитриев М.Т., Захарченко М.П., и др. О гигиенической оценке повышенных концентраций озона в воздушной среде. Гигиена и санитария 1988; (2):78-80.
6. Bates, David V., Ambient Ozone and Mortality. Epidemiology 2005 16 (4): 427-429
7. Markus Amann, Dick Derwent et all. Health risks of ozone from long-range transboundary air pollution WHO 2008 Regional Office for Europe
8. Hollingsworth JW, Kleeberger SR, Foster WM. Ozone and pulmonary innate immunity. *Proc Am Thorac Soc*2007;4:240-246.
9. National Research Council, Committee on Estimating Mortality Risk Reduction and Economic Benefits from Controlling Ozone Air Pollution. *Estimating Mortality Risk Reduction and Economic Benefits from Controlling Ozone Air Pollution*. National Academy Press, 2008.
10. Srebot V, Giancolo EAL, Rainaldi G, et al. Ozone and cardiovascular injury. *Cardiovasc Ultrasound* 2009; doi:10.1186/1476-7120-7-30, p.1-8.