



**Институт народнохозяйственного
прогнозирования РАН**



**Центр демографии и экологии
человека Института
народнохозяйственного
прогнозирования РАН**



**Российский региональный
экологический центр**



**Неправительственная
организация «Защита природы»**

КЛИМАТ, КАЧЕСТВО АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА И ЗДОРОВЬЕ МОСКВИЧЕЙ

Под редакцией докт. мед.наук проф. Б.А.Ревича

Москва 2006



**Institute of Economic Forecasting of
Russian Academy of Sciences**



**Center of Demography and Human
Ecology of Institute of Economic
Forecasting of Russian Academy of
Sciences**



Russian Regional Environmental Center



Environmental Defense

CLIMATE, AIR QUALITY AND PUBLIC HEALTH IN MOSCOW

Edited by Prof. B. A. Revich, Dr. Med.

Moscow 2006

ББК 51.20 51.9 55.1 26.237

**КЛИМАТ, КАЧЕСТВО АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА И ЗДОРОВЬЕ
МОСКВИЧЕЙ.** Под ред. Проф. Б.А. Ревича. – М., 2006, 246 с.

ISBN 5-86103-045-6

В сборнике представлены многолетние метеорологические показатели Москвы, результаты новых исследований качества атмосферного воздуха, описана зависимость концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе от его температуры. На основании изучения влияния метеорологических условий и загрязнения атмосферного воздуха на здоровье москвичей установлена зона температурного комфорта, в которой минимальны показатели смертности от сердечно-сосудистых заболеваний и описано влияние на них тепловых и холодных волн, загрязнения атмосферного воздуха, а также геомагнитных возмущений на заболеваемость инфарктом миокарда и острые нарушения мозгового кровообращения. Отражены проблемы воздействия метеорологических условий на заболеваемость алкогольные психозы.

Издание осуществлено при поддержке неправительственной организации «Защита природы»

ISBN 5-86103-045-6

© Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН, 2006

© Коллектив авторов, 2006

© Издательство "АдамантЪ", Оформление, 2006

Содержание

Предисловие	5
КЛИМАТ МОСКВЫ	9
Исаев А.А. О климате Москвы на рубеже XX-XXI века	9
Еремина И.Д. Изменения кислотности атмосферных осадков в последние годы по наблюдениям метеорологической обсерватории МГУ	42
Горбаренко Е.В. Аэрозольная мутность атмосферы как характеристика экологического состояния воздушного бассейна города Москвы	51
КАЧЕСТВО АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА.....	60
Семутникова Е.Г., Захарова П.В., Лезина Е.А. Стратегия получения информации о качестве атмосферного воздуха в Москве для оценки его воздействия на здоровье населения. Основные результаты мониторинга	60
ЗДОРОВЬЕ МОСКВИЧЕЙ.....	82
Харькова Т.Л., Кваша Е.А. Место Москвы на карте смертности России	82
Ревич Б.А., Шапошников Д.А. Климатические условия, качество атмосферного воздуха и смертность населения Москвы в 2000-2006 гг.....	102
Струкова Е.Б., Балбус Дж., Голуб А.А. Риск для здоровья и экономическая оценка ущерба от загрязнения воздуха в России.....	141
Новиков С.М., Иваненко А.В., Скворцова Н.С., Кислицин В.А. Влияние непродолжительных изменений температуры в г.Москве на риск для здоровья от загрязнения атмосферного воздуха.....	176
Гурфинкель Ю.И., Митрофанова Т.А., Кукуй Л.М., Трубина М.А., Перов А.Ю., Тедорадзе Р.В., Канониди Х.Д. Результаты многоцентровых статистических исследований влияния геомагнитных возмущений на острую сердечно-сосудистую и церебральную патологию.....	185
Немцов А.В. и Нечаев А.К. Климатические факторы заболеваемости алкогольными психозами	197
Авалиани С.Л. Оценка риска для здоровья населения от выбросов стационарных источников и автотранспорта на различных территориях г. Москвы	214
Хорсева Н.И. Психофизиологические показатели как критерий оценки экологической безопасности места проживания.....	225
ДРУГИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ПРОБЛЕМЕ «ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА И ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ».....	241
Резолюция Семинара «Изменения климата и здоровье населения России в XXI веке» 2004 года	241
Перечень некоторых русскоязычных публикаций по проблеме изменения климата и здоровью населения.....	246
Изменение климата и здоровье в программе 17 ежегодной конференции Международного общества по экологической эпидемиологии (ISEE), Париж, 2006 год ..	247
Монографии по влиянию изменений климата на здоровье населения	253

Table of Contents

Foreword.....	5
CLIMATE OF MOSCOW.....	9
Isaev A. A. Climate in Moscow at the Turn of the 21 st Century.....	9
Eremina I. D. Changes in Acidity of Precipitation during Several Past Years, According to the Data of Weather Station of Moscow State University.....	42
Gorbarenko E. V. Aerosol Opacity of Atmosphere, as an Indicator of Air Quality in Moscow.....	51
AIR QUALITY.....	60
Semutnikova E. G., Zakharova P. V., Lezina E. A. Air Quality Data Acquisition Strategy for Health Risk Assessment. Principal Results of Monitoring.....	60
PUBLIC HEALTH IN MOSCOW.....	82
Kharkova T. L., Kvasha E. A. Position of Moscow on the Map of Mortality in Russia.....	82
Revich B. A., Shaposhnikov D. A. Climate, Air Quality and Mortality in Moscow in 2000-2006.....	102
Strukova E. B., Balbus J., Golub A. A. Air Pollution Health Effects and Costs in Russia.....	141
Novikov S. M., Ivanenko A. V., Skvortsova N. S., Kiskitsyn V. A. The Influence of Short-Term Temperature Fluctuations on Health Risk, Attributed to Air Pollution in Moscow.....	176
Gurfinkel Y. I., Mitrofanova T. A., Kukui L. M., Trubina M. A., Perov A. Y., Tedoradze R. V., Kanonidi Kh. D. Results of Multi-center Statistical Studies of Influence of Geomagnetic Perturbations on Acute Cardiac and Cerebral Pathology.....	185
Nemtsov A. V., <u>Nechaev A. K.</u> Climate-Induced Factors of Alcoholic Psychosis.....	197
Avaliani S. Risk Assessment for Human Health from the Stationary and Mobile Emission in Moscow.....	214
Khorseva N. I. Psychophysiological Indicators as Criteria for Assessment of Environmental Safety of Dwelling.....	225
OTHER MATERIALS RELEVANT TO “CLIMATE CHANGE AND PUBLIC HEALTH” ISSUE....	241
Resolution of Workshop “Climate Change and Public Health in Russia in the 21 st Century” (Moscow, 2004).....	241
Bibliography of Main Russian Publications on the Problem of Climate Change and Public Health.....	246
Climate Change and Public Health in the Programme of 17 th Annual Conference of International Society of Environmental Epidemiology (ISEE), Paris, 2006.....	247
List of Monographs on Climate Change and Public Health.....	253

Предисловие

Потепление климата - одна из наиболее актуальных сегодня проблем, перед которым сегодня стоит человечество. Ежегодно увеличивается количество публикаций, в которых рассматриваются различные модели этого процесса и его последствия, в т.ч. и для здоровья населения. Многие медицинские дисциплины – общественное здравоохранение, эпидемиология инфекционных заболеваний, экологическая эпидемиология, северная медицина и другие в последние годы активно подключились к изучению влияния потепления климата для здоровья населения в различных странах мира. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) в рамках направления "Глобальные изменения и здоровье населения" активно инициирует исследовательские проекты в этой области. Межправительственная группа экспертов по изменению климата (IPCC) ведет постоянный мониторинг публикаций по проблемам здоровья, результатом которого станет подготовка соответствующего обобщающего раздела в 5 докладе этой организации, который должен быть издан в 2007г.

Практически все страны, входящие во Всемирную метеорологическую организацию (ВМО), подготовили Национальные сообщения по изменению климата, в т.ч. особенности его влияния на здоровье населения в той или иной стране. В Стратегическом прогнозе изменений климата Российской Федерации на период до 2010-2015гг. и их влияния на отрасли экономики России, опубликованном Росгидрометом, вопросы здоровья населения занимают менее 1 стр. и не содержат конкретных данных о влиянии климатических факторов.

Страны, наиболее обеспокоенные потеплением климата, подготовили Национальные планы действий по снижению рисков, связанных с изменениями климата, в т.ч. и для здоровья населения. Более того, Министерства здравоохранения, а также по делам пожилых и внутренних дел Франции, которая в результате экстремальной жары потеряла более 35 тыс.человек, издали специальный план действий на случай жары, предусматривающий создание специальных комнат отдыха для пожилых людей с комфортным микроклиматом, пропаганду средств защиты во время жары и многие другие мероприятия.,

В России (и СССР) вопросами влияния климата на здоровье населения занимались весьма активно, учитывая наличие территорий, как с жарким, так и

северным климатом. Как правило, эти исследования проводились в рамках физиологии, биохимии, адаптологии, биоклиматологии, медицинской географии (школы академиков В.П. Казначеева и Н.А. Агаджаняна, профессоров Н.Р. Деряпы, В.Ш. Белкина, В.И. Хаснуллина и других). В библиографическом указателе работ по изучению влияния погоды и климата на здоровье человека, опубликованных на русском языке в 1980-1998 годы (www.meteo.ru/isklim/z2.) приведены рефераты 180 работ, но оценки воздействия изменения климата на здоровье в них отражены не были.

Впервые наиболее подробно последствия влияния потепления климата на здоровье населения обсуждались на семинаре в Президиуме РАМН в апреле 2004г. Идею проведения этого семинара поддержал академик РАМН Н.Ф.Измеров и на нем были представлены доклады специалистов в области эпидемиологии и лечения инфекционных и паразитарных заболеваний, экологии возбудителей, гигиены окружающей среды, общественного здоровья и общественного здравоохранения и других направлений профилактической медицины, а также демографии, климатологии, экологии и других научных дисциплин. Основные доклады, представленные на этом семинаре были опубликованы в сборнике¹, а затем в Вестнике РАМН в 2005-2006гг. Резолюция этой конференции и перечень журнальных публикаций приведены в настоящем сборнике.

За прошедшие после семинара 2 года появились результаты новых работ. На предыдущем семинаре сообщалось о лихорадке Западного Нила в Волгограде и Астраханской области. Эта вспышка возникла в результате аномально теплой зимы и жаркого лета, что способствовало массовому выводу комаров [Платонов 2004, 2006]². Этот автор писал, что "если повышение летних и зимних температур на 3-4° примет устойчивый характер.... то в дальнейшем возможно возникновение природных очагов этого заболевания и появление клинических случаев и в более северных регионах..., в т.ч. и Новосибирской области". Этот прогноз оправдался и в 2006г. появилась

¹ Изменение климата и здоровье населения России в XXI веке. Сборник материалов международного семинара 5-6апреля 2004г., Москва. Под редакцией академика РАМН Н.Ф.Измерова, проф. Б.А.Ревича и проф. Э.И.Коренберга. Москва, 2004, изд."АдамантЪ",-260с.

² Платонов А.Е. и соавт. Влияние погодных условий на эпидемиологию лихорадки Западного Нила в южных районах России //Изменение климата и здоровье населения России в XXI веке. , 2004-С.113-121

Платонов А.Е. Влияние погодных условий на эпидемиологию трансмиссивных инфекций (на примере лихорадки Западного Нила в России). // Вестник Российской АМН, 2006, №2, с.25-29

публикация о трех случаях ЛЗН в этой области³. Другое инфекционное заболевание, которое считают климатозависимым – малярия. В 2006г.опубликована монография, в которой дается прогноз расширения ареала возбудителей этой инфекции в Азиатской части России и возможного его сокращение на европейской части страны⁴

Изучение влияния потепления климата в городах на здоровье населения, насколько нам известно, проводилось только в Москве [С.М.Новиков и соавт., 2004, Revich et.all., 2006] и Твери [Б.А. Ревич и соавт., 2005]. В рамках совместного проекта Центра демографии и экологии человека Института народнохозяйственного прогнозирования РАН, Метеорологической обсерваторией МГУ и государственным природоохранным учреждением Департамента природопользования и охраны окружающей среды Москвы "Мосэкомониторинг" проведено изучение смертности населения Москвы за лет, которое позволило выявить как негативное действие "тепловых" и "холодовых" волн, так и определить диапазон температурного комфорта. Результаты этого проекта представлены в статьях А.А. Исаева, Е.Г. Семутниковой с соавт., Б.А. Ревича и Д.А. Шапошникова. Представляется, что весьма интересен и тот московский фон смертности, на котором мы изучаем влиянием климатических факторов. Этим обусловлено помещение в сборник статьи «Место Москвы на карте смертности России» ведущих специалистов в области статистики смертности Т.Л. Хорьковой и Е.А. Кваши из нашего Центра демографии и экологии человека ИНП РАН. К рассматриваемой проблематике наиболее близка работа проф. М.Ю. Гурфинкеля, который продолжая традиции А.Л. Чижевского, изучает воздействие на здоровье геомагнитной ситуации. Влияние на здоровье населения этих факторов описано в монументальных трудах физиков и физиологов.⁵ В дальнейшем мы планирует объединить эти два направления и подойти к изучению комплекса климатических факторов – как температуры, так и гелиофизических параметров.

³ Платонова Л.В., Михеев В.Н., Локтев В.Б., Кононова Ю.В., Шестопапов А.М., Дупал Т.А. О первых результатах эпидемиологического мониторинга лихорадки Западного Нила в Новосибирской области // Сибирь-Восток, 2006-№3-С.45-48

⁴ Семенов С.М., Ясюкевич В.В., Гельвер Е.С. Выявление климатогенных изменений М., Издательский центр «Метеорология и гидрология», 2006, 235 с.

⁵ Атлас временных вариаций природных, антропогенных и социальных процессов. Т.1-3, 1994, 1998,2002

В дни с аномальными метеорологическими условиями увеличивается не только соматическая заболеваемость и смертность, но возрастает и количество вызовов скорой психиатрической помощи [Н.А. Агаджанян и соавт, 2005].⁶ Поэтому мы предложили поместить в сборник статью А.В. Немцова и А.К. Нечаева о климате, как факторе риска алкогольных психозов.

В городских условиях, естественно, весьма велико влияние загрязненного атмосферного воздуха на здоровье населения, что подтверждают статьи Е.Б. Струковой с соавт., С.Л. Авалиани и Н.И. Хорсейвой.

Аномально теплая зима 2006-07 г. оказалась новым климатическим феноменом, значение которого для состояния здоровья москвичей и жителей других регионов России мы надеемся понять в последующих работах.

Б.А. Ревич, дмн., профессор,
Главный научный сотрудник Центра демографии и экологии человека
Института народнохозяйственного прогнозирования РАН,
член Межправительственной группы экспертов по изменению климата
2004-2007 годов.

⁶ Агаджанян Н.А. и соавт, Мониторинг экологии и здоровья // Гигиена и санитария, 2005-№2-С.23-35

КЛИМАТ МОСКВЫ

Исаев А.А., профессор

Московский государственный университет

им. М.В.Ломоносова, Метеорологическая обсерватория

prof_isaev@mail.ru

О климате Москвы на рубеже XX-XXI века*

Общая характеристика, формирование климата

Условия циркуляции. Климат Москвы в целом характеризуется как умеренно-континентальный, с умеренно-суровой и снежной зимой (в среднем – 7,8°C, с высотами снега до 40 см в конце февраля) и сравнительно теплым (в среднем 17,3°C) летом. Индекс суровости зимних погод по Бодману, учитывающий совместное воздействие температуры и ветра на теплоощущения, оценивается 2,0-2,5 балла (умеренно-суровые), амплитуда между самым теплым месяцем года июлем и самым холодным – январем составляет 27°C, средний индекс континентальности по данным за 1899-2001 гг. по Горчинскому – около 42%.

Упомянутый порядок континентальности, с одной стороны, является следствием положения столицы в центре Евразийского континента, с другой стороны, ее удаленности от теплых берегов океанов. Это означает, что в течение года в потоках преобладающего западного переноса над Московским регионом преобладает континентальный воздух умеренных широт, образующийся путем трансформации морского воздуха из Атлантики, частично из западной Арктики, реже из субтропических широт.

Как и всюду, в приземной циркуляции умеренных широт основную роль играют антициклоны и циклоны. Сравнительно с антициклонами, последние наступают несколько чаще в зимние месяцы, чем в летние. Однако, ввиду большей временной продолжительности воздействия антициклонов, повторяемость антициклональной погоды (52-54%) несколько преобладает над циклонической. Экстремально-погодные ситуации в Москве зимой чаще связаны с вторжениями холодных фронтов, арктических антициклонов

* Более детально о климате Москвы [Справочник эколого-климатических характеристик Москвы. Под ред. Исаева А.А., 2003, том 1, 2]

(устойчивые похолодания), южных циклонов (оттепели, снежные заносы), а летом с т.н. «ныряющими» скандинавскими циклонами (резкие похолодания), стационарирующими глубокими циклонами (переувлажнения) и блокирующими антициклонами (засухи, лесные пожары).

Наиболее характерной чертой приземного давления в его сезонном проявлении, севернее 55°с.ш. в т.ч. в полосе Московского региона, является наличие повышенного фона зимой и пониженного – летом (табл.2, п. 1). В годовом ходе максимум давления у поверхности земли в Москве чаще приходится на ноябрь (около 996, гПа), минимум – на июль (около 989 гПа). Вторичный максимум давления (около 994 гПа) в конце XX в. – начале XXI в. все чаще наблюдается не в феврале, а в марте.

Сообразно сезонным особенностям циркуляции формируется режим облачности и солнечного сияния (табл. 1 п. 2). В среднем за год количество общей (7,6 балла) и нижней (5,8 балла) облачности иллюстрирует преобладание по общей облачности пасмурной погоды (71%) над ясной (16%) и полужасной (13%).

В тоже время повторяемость пасмурного неба по нижней облачности в мае-августе примерно в 2-2,5 раза ниже, чем в феврале-декабре. При этом зимой преобладают облака нижнего яруса, летом среднего и верхнего яруса. Из форм облаков наиболее часты слоисто-кучевые Sc, кучевые (Cu) облака чаще наблюдается в теплый сезон, максимум их повторяемости приходится на июль. Достаточно часты и кучево-дождевые (Cb), особенно в периоды активизации фронтальной деятельности зимой и развития конвекции летом.

Особенности радиационного режима. Кроме циркуляции на формирование климата Москвы, особенно в теплый сезон, оказывает приход солнечной радиации (табл.1). Ввиду упомянутой облачности в годовом приходе преобладает рассеянная радиация D. В зависимости от сезона ее вклад в годовую сумму прихода суммарной радиации Q составляет 50-55% в летние 70-85% в зимние месяцы. Максимум в годовом ходе прямой (S') и суммарной (Q) радиации приходится на июнь, когда высота солнца и продолжительность дня максимальны (22 июня – 17 час. 34 мин), а облачность и число дней без солнца минимальны. В отличие от приходных потоков S', D, Q и максимум отраженной коротковолновой радиации R_к наблюдается в марте, когда суммарная радиация прибывает пропорционально росту высоты солнца, а альbedo подстилающей

поверхности ($A, \%$), ввиду еще нестаявшего снега, остается высоким: в среднем за год 35%, в феврале 65%, в марте – 48%, в июне – 20%.

Ведущей составляющей радиационного баланса является поглощенная радиация или баланс коротковолновой радиации (B_k), как известно, равный разности между суммарной и отраженной радиацией. В целом за год поглощенная радиация, зависящая от прихода суммарной (Q) и состояния подстилающей поверхности (A), составляет 75% от годовой суммы Q , изменяясь от 35% в феврале до 82% в апреле при средних условиях облачности.

Годовой ход месячных сумм поглощенной радиации (B_k) и радиационного баланса (B) с максимумом в июне и минимумом в декабре-январе подобен годовому ходу приходящей суммарной (Q). С марта по октябрь (см. табл.1) B положителен, т.е. земная поверхность больше получает лучистого тепла, чем отдает его в атмосферу. В сумме за год баланс составляет (округленно) 1270 МДж/м² или 35% от суммарной и 45% от поглощенной радиации. Наибольший прирост радиационного тепла происходит от марта к апрелю, что связано не только с резким прибавлением астрономической длины дня, но и контрастным изменением цвета поверхности (от белого снега к черной земле) и, следовательно, резким уменьшением альбедо.

Средние многолетние оценки (нормы) температурного режима и увлажнения за 1961-1990 гг. и за 1991-2000 гг.

Температурный режим. Температура воздуха за год в норме за 1961-1990 гг. составляет 5,0°C, что выше условно эффективной температуры для субкомфортного проживания населения и возможностей развития хозяйства обычно оцениваемой 2,0°C,. Температуры центральных месяцев сезонов от зимы к лету за 1961-1990 гг. следующие: январь ÷ -9,4°C, апрель ÷ 5,8°C, июль ÷ 18,4°C, октябрь ÷ 4,9°C.

Разделение календарного года на теплый (с $t^\circ\text{C} > 0^\circ\text{C}$) и холодный (с $t^\circ\text{C} < 0^\circ\text{C}$) сезоны происходит по циркуляционным признакам весной, около 18-19 апреля, осенью – около 19 октября. По датам перехода температуры воздуха через 0°C теплый сезон начинается около 23-26 марта, вегетационный период (с $t^\circ\text{сут} > 5^\circ\text{C}$) 14-16 апреля, период активной вегетации (с $t^\circ\text{сут} > 10^\circ\text{C}$) 3 мая, лето (с $t^\circ\text{сут} > 15^\circ\text{C}$) 25-30 мая. Средние многолетние даты начала и окончания для весны 14 апреля ÷ 29 мая, осени 26 августа ÷ 17 октября.

Вегетационный период продолжается 187 дней и заканчивается в среднем 22 сентября. Сезон лета продолжается около 88-90 дней, начинается от 28-30 мая и заканчивается в среднем 25 августа. Суммы активных температур ($t^{\circ}\text{сут} > 10^{\circ}\text{C}$) равные 1300-1400 $^{\circ}\text{C}$, необходимые для большинства сельскохозяйственных и дикорастущих культур, наступают во 2-ой ÷ 3-ей декаде июля.

В середине октября температура воздуха проходит отметку 5 $^{\circ}\text{C}$ и начинается начальный этап предзимья. Переход температуры через 0 $^{\circ}\text{C}$ (18 октября) означает начало холодного сезона и устойчивого состояния предзимья.

Атмосферные осадки. По условиям увлажнения осадками Московский регион относится к районам достаточного увлажнения для вегетации растений. Как видно из табл. 2 п. 5 максимум осадков (91 мм) наблюдается в июле, минимум (35-36 мм) в марте, феврале. В связи с повышенным влагосодержанием атмосферы в теплый сезон количество осадков в летние месяцы превышает их значения в зимние месяцы в 1,5-2 раза. Кроме того, в холодный сезон года, когда температура еще положительная, преобладают длительные обложные дожди, зимой обложной снег иногда с метелью, а в теплый – кратковременные ливневые осадки. Поэтому годовой ход числа дней с осадками $\geq 0,5$ мм в общем противоположен годовому ходу их сумм: наиболее дождливым (по числу дней $\geq 0,5$ мм) оказывается декабрь (16-17 дней), наименее дождливым – май (9-10 дней), в котором наблюдается локальный максимум годового хода месячного давления и месячный минимум относительной влажности. Среднее суммарное количество осадков $\geq 0,1$ мм составляет за год 177 дней, $\geq 0,5$ мм за год – 149 дней. Таким образом, получается, что в Москве осадки выпадают почти в половине дней года.

Снежный покров. Первое выпадение снега в среднем происходит около 6 октября. Однако, были годы, когда снег выпадал слишком рано – 21 сентября или, наоборот, слишком поздно – 13 ноября. Весной последнее выпадение снега в среднем 27 апреля, при крайних датах 27 марта и 22 мая. Первый снег обычно держится недолго – 2-4 дня, затем он стает и образуется вновь.

При средней дате образования устойчивого снежного покрова 20 ноября в зависимости от циркуляционных условий и убывания тепла в начале осени сроки образования устойчивого снежного покрова сильно варьируют: примерно 1 раз в 10 лет в среднем устанавливается около 30 октября и с такой же

вероятностью в начале второй декады декабря. Самая ранняя (за период 1961-2000 г.) дата образования отмечена 23 октября в 1973 г. а самая поздняя – 28 декабря 1982 г.

С образованием снежного покрова происходит постепенное нарастание его высоты (табл.2, п. 6) с максимумом (30-40 см) наступления во второй-третьей декаде февраля. Средняя из наибольших высот достигает 72 см и, как правило, наблюдается в первую декаду февраля или вторую декаду марта. Важно подчеркнуть, что при средних значениях максимального межсуточного прироста 6-8 см, абсолютные экстремумы прироста высоты снежного покрова за период наблюдений после 1961 г. достигали 25 см за сутки.

«Остров тепла»

В результате тепловых выбросов от бытовых, производственных источников, теплотрасс и т.д. над Москвой по сравнению с окрестностями формируется т.н. «остров тепла». Об этом, в частности, свидетельствует и внутринедельное нарастание температуры от понедельника к выходным. Получается, что в (статистическом смысле) наиболее холодным днем недели следует считать понедельник, наиболее теплым – пятницу. Максимальные внутринедельные амплитуды температуры между понедельником и пятницей наблюдаются в январе ($0,7^{\circ}\text{C}$), минимальные в июне ($0,3^{\circ}\text{C}$). Средние различия в срочных температурах между центром города (ст. Балчуг) и пригородами в радиусе 60-100 км от Москвы с вероятностью 30% составляют $1,5^{\circ}\text{C}$. В ясные морозные дни эти различия могут достигать 10°C и более.

В «острове тепла» над городом формируется повышенное содержание примесей (сажи, золы, пыли, газы и их смеси, парообразные взвеси воды, бензина и т.д.), некоторые из которых образуют ядра конденсации. Это способствует увеличению (на 8-12%) коэффициента мутности в центре Москвы, формированию повышенной облачности и осадков. Именно этим объясняется формирование «шлейфа» повышенных (на 10-20%) осадков над северо-восточной частью города и большей их интенсивности в центре столицы.

Как видно из табл.2 п. 6 средние месячные скорости ветра в Москве составляют 2,5-3,0 мс, с преобладанием юго-западного направления. Максимальные порывы на высоте 12 м от поверхности земли скорость ветра может достигать 25-28 м/с или 79-95 км/час, т.е. состояния явления сильной бури.

При набегании ветрового потока на здания и в коридоры между зданиями могут образовываться ветровые потоки и зоны сильного ветрового и температурного дискомфорта. Этому обстоятельству необходимо уделять должное внимание при планировании городской застройки.

Наблюдаемые экстремумы

Самым теплым годом в Москве в XX в. был 1989 г. ($7,3^{\circ}\text{C}$), самым холодным 1941 г. ($1,8^{\circ}\text{C}$), самым влажным 2004 г. (925 мм/год), самым сухими 1920 г. (383 мм/год). Наибольшая средняя месячная температура воздуха ($23,3^{\circ}\text{C}$) принадлежит июлю 1938 г. В июле 2002 г. она была превышена на $0,1^{\circ}\text{C}$ и составляет теперь $23,4^{\circ}\text{C}$. Наибольшие отрицательные средние месячные температуры ($-20,3^{\circ}$) имели место в январе 1942 г.

Наиболее аномально-высокие месячные осадки 305% от нормы 36 мм наблюдались в марте 1937 г., наименьшие 1% от нормы 78 мм – в августе 1938 г.

Суточные экстремумы метеозаэментов за 1961-2000 гг. (ст. МО МГУ) достигли следующих значений: максимальная средняя суточная температура воздуха $29,1^{\circ}\text{C}$, температура поверхности почвы $34,4^{\circ}\text{C}$, абсолютный максимум температуры воздуха $34,9^{\circ}\text{C}$, абсолютный минимум температуры воздуха $-33,7^{\circ}\text{C}$, максимальная высота снежного покрова 71,4 мм, максимальная глубина промерзания под оголенным покровом достигла 189 см.

Экстремумы межсуточных изменений за 1961-2000 гг. составили: температура воздуха 27°C (падение), 31°C (рост), для атмосферного давления 50 гПа (падение), 54 гПа (рост), для относительной влажности 50% (падение), 89% (рост), для плотности кислорода 40 г/м^3 (падение), 44 г/м^3 (рост), атмосферное давление 50 гПа (падение), 54 гПа (рост). Самое высокое (1035,6 гПа) и самое низкое (941,7 гПа) за период 1961-2000 гг. наблюдалось соответственно в январе, феврале 1972 г. и ноябре 1973 г. Таким образом, разность между самым высоким и самым низким давлением в Москве составило 94,9 гПа.

О повторяемости особоопасных явлений

Жизненная ритмика природы, населения и хозяйственной деятельности в Москве особенно нарушается в периоды экстремальных погодно-климатических событий, могущих вызывать чрезвычайные ситуации легкой и средней тяжести.

Ориентировочные вероятности наступления таких событий представлены в табл.3.

Тенденции элементов климата в XX в.

В период с 1901 по 2000 гг. В целом в климате Москвы в прошедшее столетие 1901-2000 гг. имеет место тенденция к потеплению и большему увлажнению. Наиболее явно и значимо это прослеживается в температуре воздуха за год ($2,3^{\circ}\text{C}$ за 100 лет), температуре за холодный (XI-III) сезон ($3,2^{\circ}\text{C}$ за 100 лет), в месячных температурах января ($3,2^{\circ}\text{C}$ за год) и января ($2,8^{\circ}\text{C}$ за 100 лет). В летние месяцы явной значимой тенденции изменения температурного режима за 100 лет не прослеживается.

За 100 лет годовые суммы осадков возросли примерно на 50 мм. Для месячных осадков рост (15-25 мм) отмечается только зимой. Весной и летом месячные осадки даже несколько убывают (5-10 мм за месяц). При оценке тенденции осадков следует принимать во внимание неточность и смену методики измерений осадков.

В период с 1954 по 2001 гг. - отмечается увеличение облачности (статистически незначимое), тенденция к уменьшению (на 3%) годовых, (на 17%) зимних сумм, продолжительности солнечного сияния (ПСС); увеличение (на 7%) числа дней без солнца, уменьшение аэрозольной мутности атмосферы. Независимо от сезона года отмечено статистически значимое увеличение (на 4%) коэффициента интегральной прозрачности атмосферы P_2 . В период с 1958 по 2001 гг. незначимо (на 4%) уменьшились прямая, рассеянная, суммарная интегральная солнечная радиация; отмечается существенное (на 15%) значимое уменьшение годовых сумм отраженной радиации. За последние 22 года в колебаниях суммарной фотосинтетически активной $Q_{\text{ФАР}}$ замечена тенденция (незначимая) уменьшения на 6% и годового количества суммарной освещенности E_Q на 5%.

В период с 1991 по 2002 гг., особенно интенсивные изменения элементов отмечены за последние 11 лет (1991-2001 гг.). Так, по сравнению с периодом норм годовая температура воздуха возросла в среднем на $0,8^{\circ}\text{C}$, температура зимы возросла на $2,2^{\circ}\text{C}$ в т.ч. января на $3,5^{\circ}\text{C}$, февраля на $1,8^{\circ}\text{C}$. Продолжительность солнечного сияния (ПСС) уменьшилась в ноябре-феврале на 5-16%. С ноября по февраль приход суммарной радиации был на 3-1%

меньше. Вместе с тем произошло увеличение суммарной УФР в месяцы теплого периода на 2-4%, в октябре-декабре на 8-12%.

Сумма осадков за год прибавилась для зимних и годовых осадков на 18 мм, а число дней с осадками более 0,1 мм – на 5 дней.

Модельные расчеты тенденции температуры воздуха и осадков в первой половине XXI в. по сценариям климата

Модельные расчеты показывают, что в текущее 50-летие XXI в. будет продолжаться рост годовой температуры примерно со скоростью около 0,24°C за 10 лет. К концу II половины XXI века среднегодовая температура воздуха в Москве составит около 7,0°C. Как и в XX в., нарастание температуры будет происходить в основном за счет повышения минимальной температуры января-марта. Март станет месяцем с положительной температурой воздуха. Некоторый рост температуры будет иметь место и в летние месяцы, особенно в июле и августе.

Количество осадков за год в середине 2025-2050 гг. возрастет до 780 мм. При этом в годовом ходе с октября по март относительно нормы 1961-90 гг. оно будет возрастать, а с июля по сентябрь несколько уменьшаться.

Таблица 1. Средние многолетние характеристики радиационного режима в Москве (ст. МО МГУ)

Параметр	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
1. Облачность общая (Q_0), нижняя (Q_H), 1954-2000 гг.													
Q_0	8,5	7,9	7,5	6,9	6,8	6,8	6,7	7,4	8,2	8,6	8,9	8,9	7,6
Q_H	7,1	6,1	5,3	5,0	4,5	4,5	4,5	4,6	5,3	6,6	7,7	7,8	5,8
2. Число ясных дней при общей ($Д_{я.о}$), нижней ($Д_{я.н}$) облачности, пасмурных при общей ($Д_{п.о}$), нижней ($Д_{п.н}$) облачности													
$Д_{я.о}$	0,8	1,5	1,9	1,1	1,4	1,0	0,9	1,3	1,2	0,8	0,4	0,5	12,8
$Д_{я.н}$	3,1	4,3	6,3	5,1	5,4	3,7	3,4	4,5	4,6	3,2	1,4	1,4	46,0
$Д_{п.о}$	22,4	17,1	17,0	15,8	11,8	11,2	12,0	11,0	14,9	19,4	22,8	24,1	189,3
$Д_{п.н}$	16,1	10,9	9,2	6,8	4,4	3,6	4,0	5,0	8,1	13,2	18,6	19,2	119,1
3. Продолжительность солнечного сияния (ПСС), % к возможному, дней без солнца ($Д_{б.с}$)													
ПСС	30	67	135	173	261	281	275	237	144	78	34	19	1734
%	12	25	37	41	52	54	52	51	38	24	14	9	39
$Д_{б.с}$	19	12	9	5	2	1	2	2	5	11	19	22	109
4. Коэффициенты интегральной прозрачности P_2 , аэрозольной толщины τ_a , λ_0 атмосферы													
P_2	0,76	0,75	0,74	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,72	0,76	0,77	0,70	0,72
τ_a, λ_0	0,15	0,18	0,22	0,27	0,25	0,23	0,23	0,23	0,20	0,14	0,13	0,15	0,20
5. Составляющие радиационного баланса (месячные, МДж/м ²). Солнечная радиация прямая на вертикальную поверхность (S), прямая на горизонтальную поверхность (S'), рассеянная (D), суммарная (Q), альbedo (A,%), отраженная (R_k), поглощенная (коротковолновый баланс, B_k), радиационный баланс подстилающей поверхности (B) (1958-2000 гг.)													
S	53	128	267	321	481	502	478	405	252	133	59	31	3110
S'	11	38	111	168	282	303	282	221	116	47	14	5	1598
D	51	93	170	227	295	309	303	253	172	100	48	34	2005
Q	62	131	281	395	577	612	585	474	288	147	62	39	3653
A,%	63	65	48	18	20	20	20	20	20	22	40	56	25
R_k	39	85	135	70	117	125	117	95	58	32	25	22	920
B_k	23	46	146	325	460	487	468	379	230	115	37	17	2733
B	-31	-25	26	162	267	300	289	211	98	19	-21	-29	1266
6. Составляющие радиационного баланса, суточные, МДж/м ² (1958-2000 гг.)													
S	1,7	4,5	8,6	10,7	15,5	16,7	15,4	13,0	8,4	4,2	2,0	1,0	-
S'	0,4	1,4	3,6	3,6	9,1	10,1	9,1	7,1	3,9	1,5	0,4	0,2	-
D	1,6	3,3	5,5	7,6	9,5	10,3	9,8	8,2	5,7	3,2	1,6	1,1	-
R_k	1,2	3,0	4,3	2,3	3,8	4,2	3,8	3,1	1,9	1,0	0,8	0,7	-
B_k	0,8	1,6	4,7	10,8	14,8	16,2	15,1	12,2	7,7	3,7	1,2	0,6	-
B	-1,0	-0,8	0,9	5,4	8,6	10,0	9,3	6,8	3,3	0,6	-0,6	-1,0	-
7. Фотосинтетически активная солнечная радиация ($Q_{ф}$), 380-710 нм, МДж/м ² (1980-2000 гг.)													
$Q_{ф, мес}$	26	58	135	185	279	292	287	228	132	69	28	17	1736
$Q_{ф, сут}$	0,8	2,0	4,3	6,2	9,0	9,8	9,2	7,4	4,4	2,3	1,0	0,6	-
8. Ультрафиолетовая суммарная (УФР _с), рассеянная (УФР _р) радиация, $\lambda < 380$ нм, МДж/м ² (1968-2000 гг.)													
УФР _{с, мес}	2,5	5,4	11,4	15,7	23,7	26,2	25,3	20,5	12,0	6,1	2,5	1,7	153,9
УФР _{р, мес}	2,5	5,1	9,9	13,1	18,7	20,6	20,1	16,6	10,3	5,6	2,5	1,7	127,0
УФР _{сут}	82	190	366	523	765	875	815	663	401	196	84	54	-
9. Эритемная радиация (Эр), кДж/м ² (1999-2001 гг.)													
Эр	3,3	7,0	22,4	40,1	62,1	80,1	78,6	60,3	34,1	12,6	4,1	2,0	406

Справочник эколого-климатических характеристик г. Москвы. Том 1, 2 под ред. д.г.н. А.А.Исаева. Изд-во МГУ, 2003, 2005.

Таблица 2. Средние многолетние (нормы) некоторых характеристик климата Москвы, ст. МО МГУ (1961-1990 гг.), ст. ТСХА (1879-1960 гг.) ^{*)}

индекс	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
1. Давление воздуха гПа, 1961-1990 гг. (а), 1991-2000 гг. (б), прибавить 900 гПа													
а)	93,4	95,1	93,8	91,8	93,0	89,8	89,1	90,9	92,0	93,7	92,1	90,9	92,1
б)	90,5	90,1	93,5	91,9	92,0	90,0	89,2	91,3	92,7	93,5	96,5	92,0	91,9
2. Средняя месячная температура воздуха °С, 1961-1990 гг. (а), 1991-2000 гг. (б)													
а)	-9,4	-7,7	-2,2	5,8	13,3	16,8	18,4	16,7	11,1	4,9	-1,4	-6,2	5,0
б)	-5,9	-5,9	-1,0	7,3	12,7	17,7	18,8	16,7	11,1	5,6	-2,5	-5,5	5,8
3. Максимальное отклонение ±ΔТ°С средней месячной температуры от нормы в XX веке													
+ΔТ	7,1	7,8	4,2	5,6	4,6	4,9	4,9	5,0	3,7	3,9	5,0	6,4	2,3
-ΔТ	-10,9	-11,6	-7,9	-7,3	-7,1	-4,5	-3,4	-3,1	-4,1	-5,9	-6,6	-8,4	-3,2
4. Экстремумы ±Т° средней суточной температуры за 1879-2001 гг.													
+Тсут	5,8	7,4	17,3	17,3	28,0	31,8	33,7	36,5	36,8	32,3	24,4	6,6	36,8
-Тсут	-42,1	-38,2	-32,4	-21,0	-21,0	-7,3	-2,3	1,3	-1,2	-6,2	-20,3	-38,8	-38,8
5. Месячные суммы атмосферных осадков (R, мм) за 1961-1990 гг., число дней с осадками более 0,5 мм (Д) за 1961-1990 гг., абсолютный суточный максимум осадков (q мм/сут) за 1879-2001 гг.													
R	43	36	35	44	50	77	91	78	62	57	56	55	684
Д	15,0	11,5	10,9	10,3	9,6	11,8	12,7	12,1	12,0	12,1	14,3	16,4	149
q	20,3	26,8	29,5	33,6	45,9	78,4	58,3	55,5	48,4	53,7	25,4	31,4	78
6. Средняя декадная высота снежного покрова на последний день третьей декады (Нсм), межсуточный прирост из максимальных средних (ΔН) и абсолютный максимальный прирост (ΔНм) снежного покрова за сутки													
Нсм	32	39	28	0,6	0,0				0,0	3	9	21	–
ΔН	7	6	6	4	0				0	3	7	8	8
Нм	16	15	20	25	2				1	18	20	21	25
6. Средняя скорость ветра (V м/с), максимальный порыв (П, V м/с), за 1961-2000 гг., преобладающее направление ветра (Н) с повторяемостью более 15%,													
V м/с	3,1	3,0	2,9	2,9	2,6	2,5	2,3	2,3	2,6	3,0	3,0	3,1	2,8
П м/с	22	19	20	21	21	28	18	21	21	25	23	21	28
Н	ЮЗ	ЮЗ	ЮЗ	ЮЗ	З	З	З	ЮЗ	ЮЗ	ЮЗ	ЮЗ	ЮЗ	ЮЗ

^{*)} Источник – Справочник эколого-климатических характеристик г. Москвы. Том 1, под ред. д.г.н. А.А.Исаева. М., изд-во МГУ, 2003, 2005

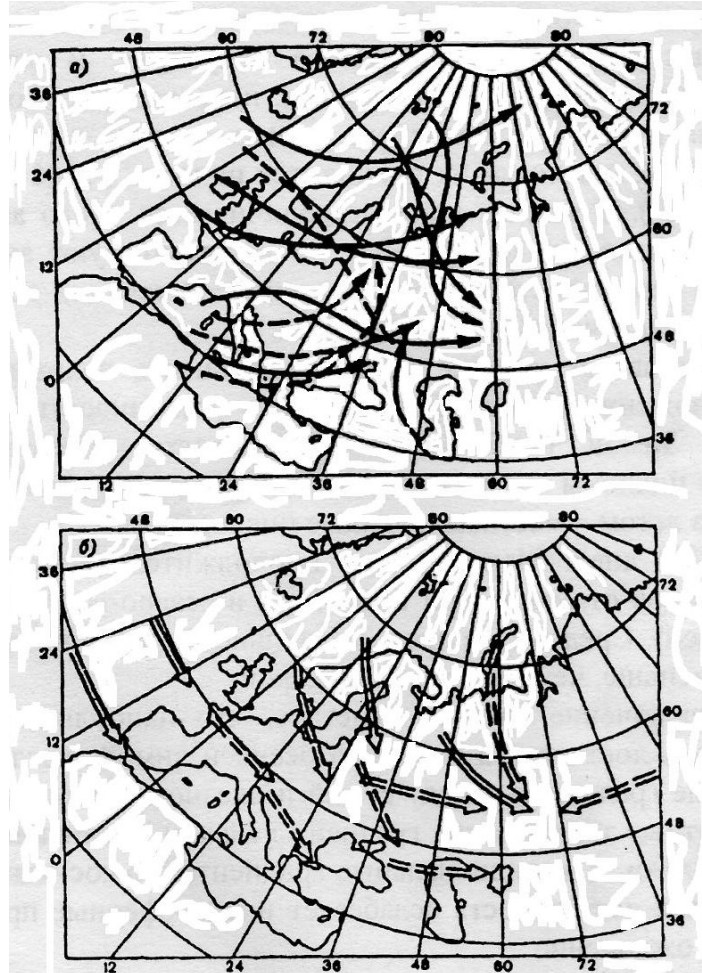
Таблица 3. Вероятностные ориентиры наступления особоопасных и опасных явлений, могущих вызывать чрезвычайные ситуации первой и второй степени (ЧС-1, ЧС-2) на территории Москвы [*]

№№ п/п	Явления	Примерная повторяемость 1 раз в число лет
1.	Наводнения в районе Москвы	1 раз в 200-400 лет
2.	Смерчи	1 раз в 100-200 лет
3.	Шквалы	1 раз в 3-6 лет
4.	Особо продолжительные дожди ≥ 50 мм за 12 час.	1 раз в 3-6 лет
5.	Сильные снегопады более 20 см за 24 час.	1 раз в 2-4 года
6.	Сильные морозы ниже -20°С, пять суток подряд	1 раз в 10 лет
7.	Сильные заморозки с температурой ниже -3°С	1 раз в 10 лет
8.	Сильные метели	1 раз в 3-5 лет
9.	Засухи с гидротермическим коэффициентов ГТК < 1, массовые лесные пожары	1 раз в 5 лет
10.	Градобиения, с градом более 3 см	1 раз в 30 лет
11.	Гололед, диаметром более 10 см	1 раз в 10-20 лет
12.	Плохая видимость, менее 50 м	1 раз в 2 года
13.	Заморозки в конце мая, начале июня	1 раз в 4-5 лет
14.	Ливни суммой более 30 мм/12 час	ежегодно

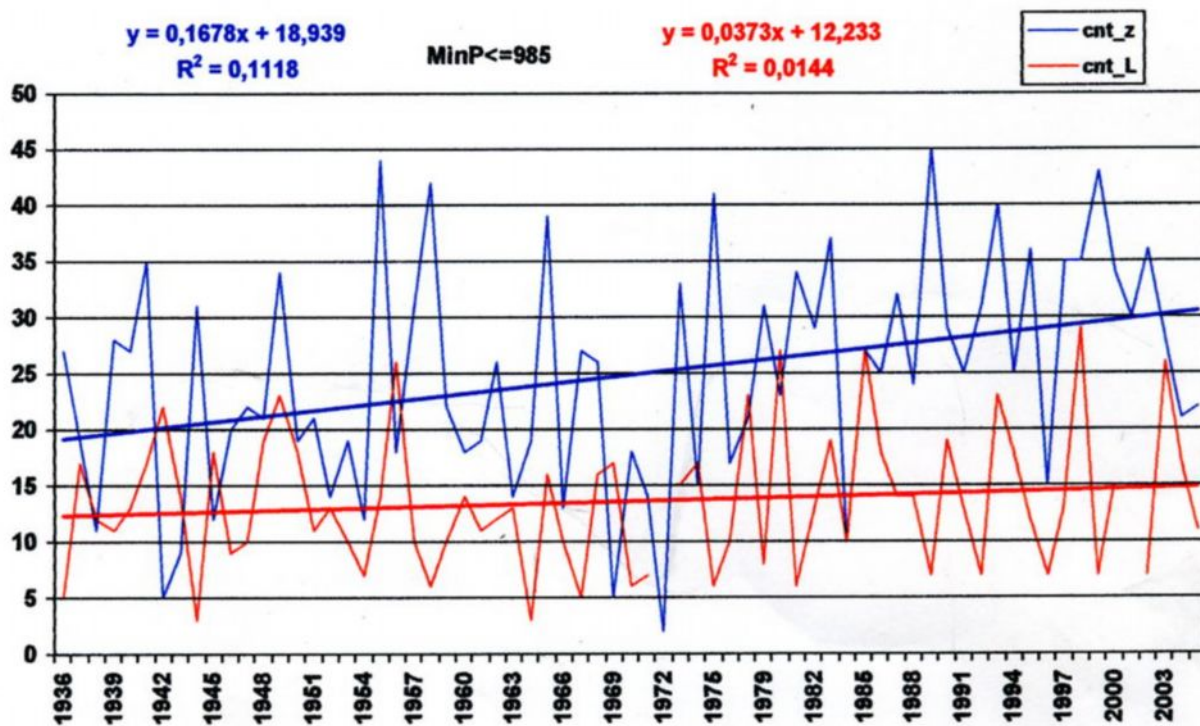
[*] Источник – Справочник эколого-климатических характеристик Москвы. Том 2. Под ред. д.г.н. А.А.Исаева. М: изд-во географ. ф-та МГУ, 2005

Приложение

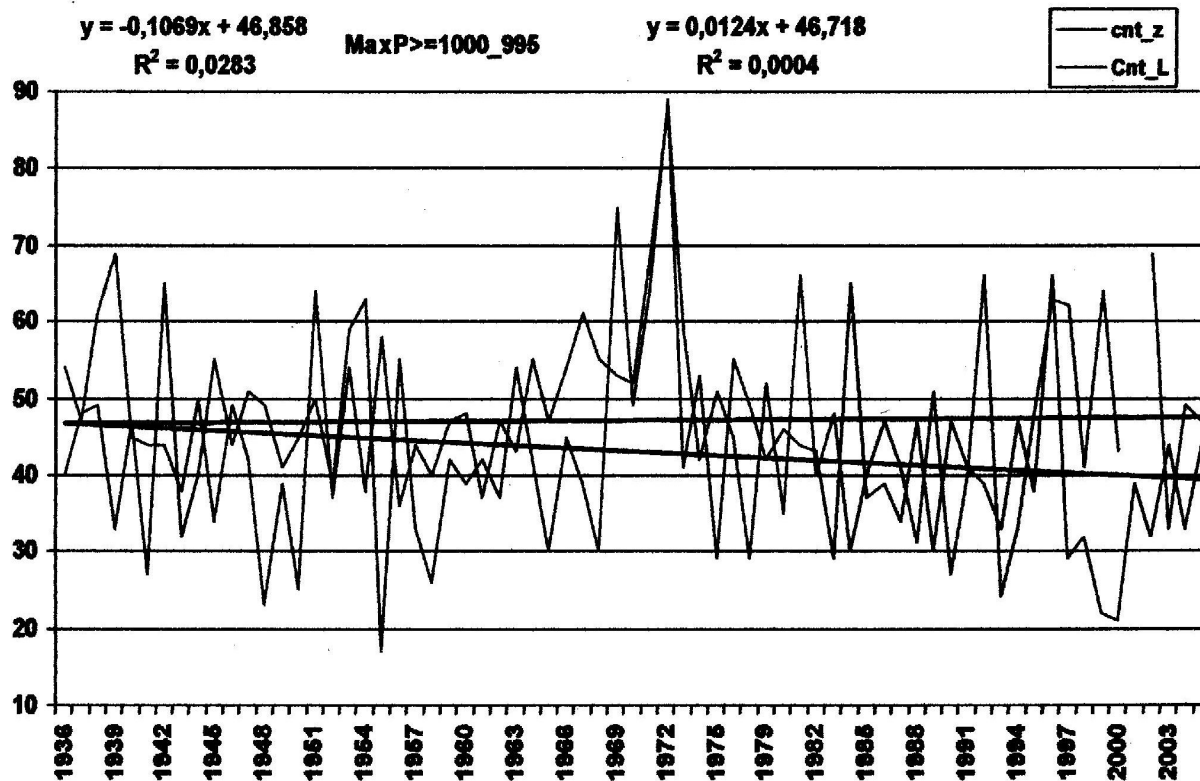
Графики колебаний актуальных метеорологических элементов по данным фактических наблюдений за 1879-2000 гг., прогнозные оценки на 2001-2050 гг.



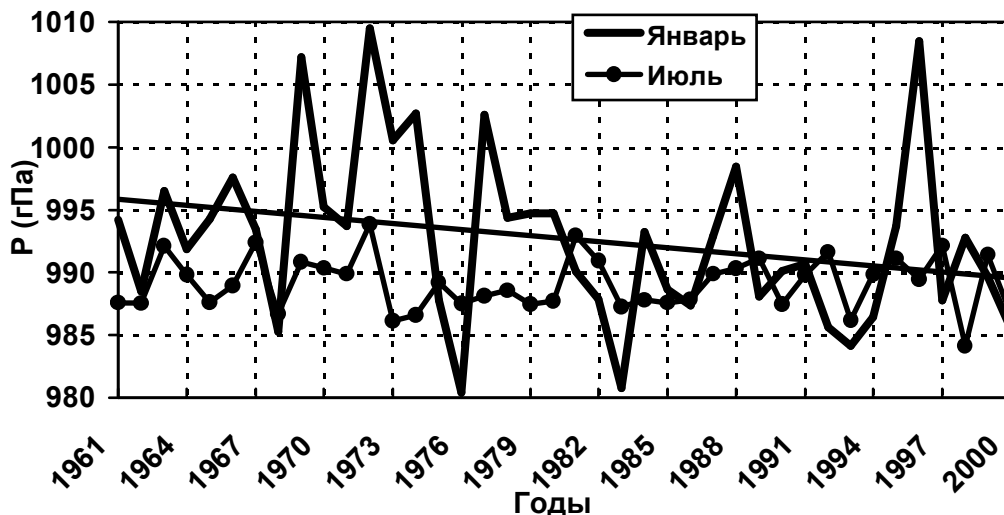
Основные траектории циклонов (а) и антициклонов (б)



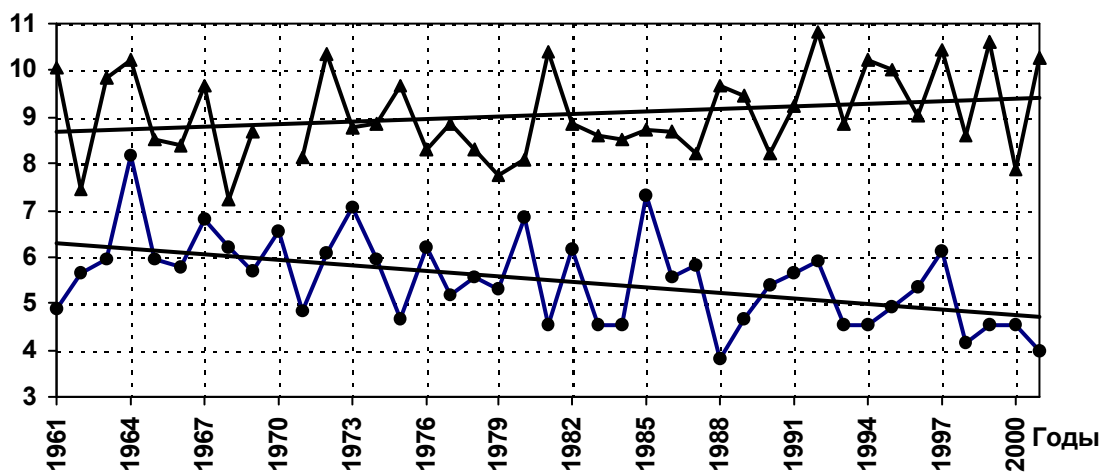
Повторяемость числа дней с низким давлением $P < 985$ мб



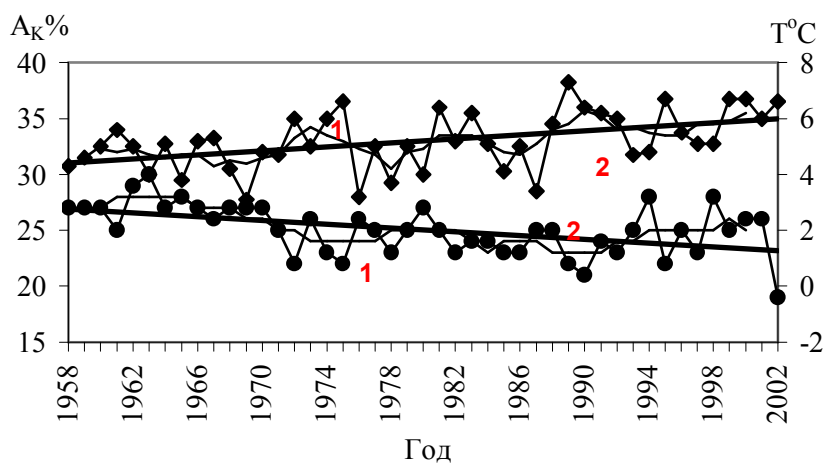
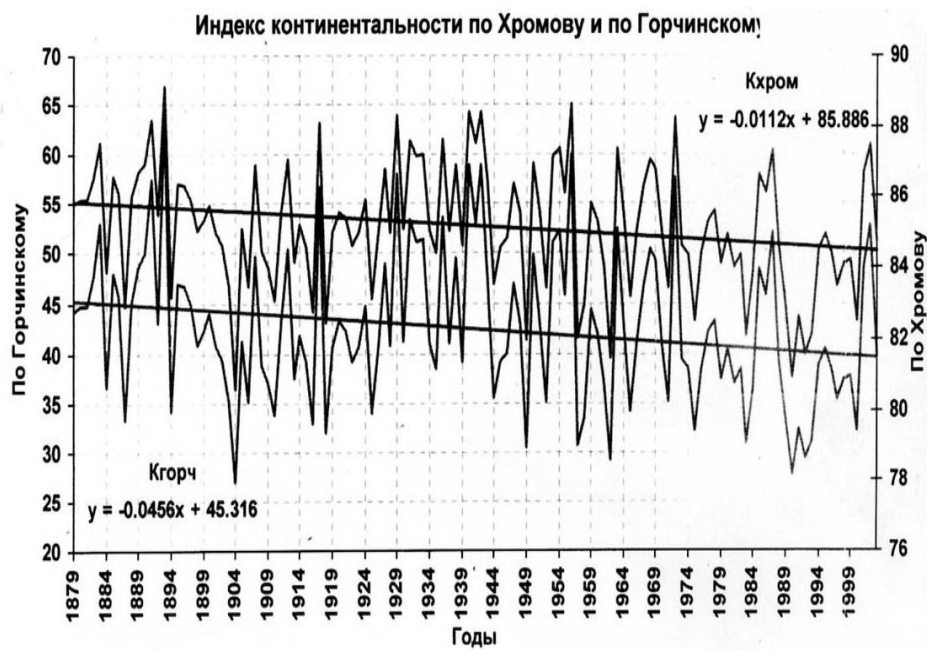
Повторяемость числа дней с высоким давлением $P > 1000$ мб



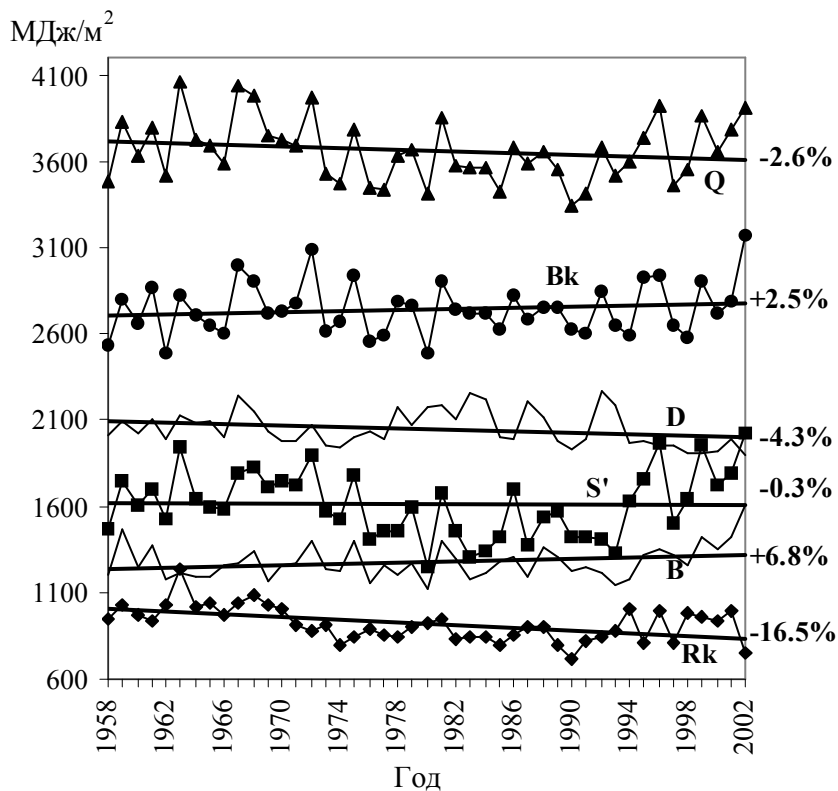
Колебания и тренды средних месячных значений атмосферного давления на уровне станций в январе, июле 1961-2000 гг.



Колебания и тренды средней суточной амплитуды температуры воздуха (AT^{°C});
1 – январь, 2 – июль

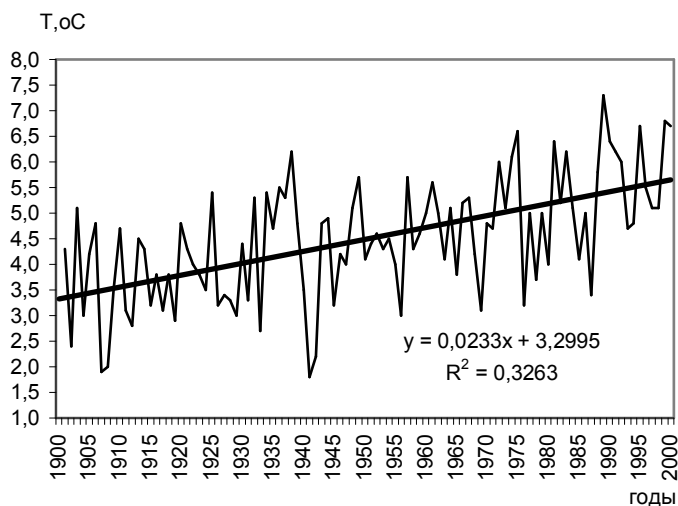


*Радиационные характеристики. Изменение средних годовых значений альbedo подстилающей поверхности $A_k\%$ (нижняя часть) и средней за год температуры воздуха $T^\circ C$;
 1 – 5-летние скользящие средние; 2 – линия тренда*

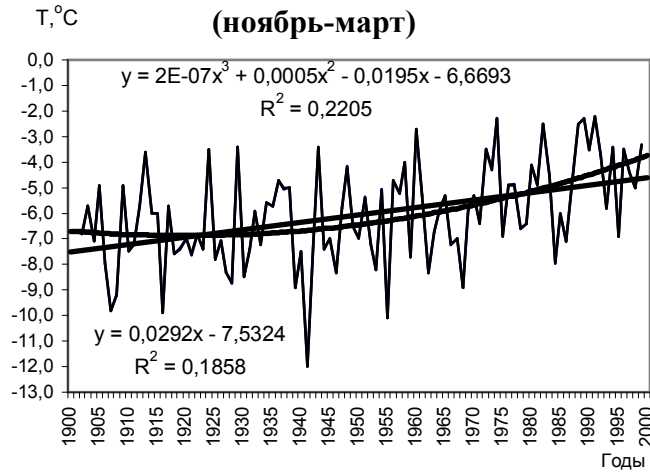


Изменение годовых сумм составляющих радиационного баланса за 1958-2002 гг. На шкале справа указаны изменения по тренду за 45 лет: прямой (S'), рассеянной (D), суммарной (Q), отраженной (R_k) и поглощенной (B_k) радиации, радиационного баланса (B)

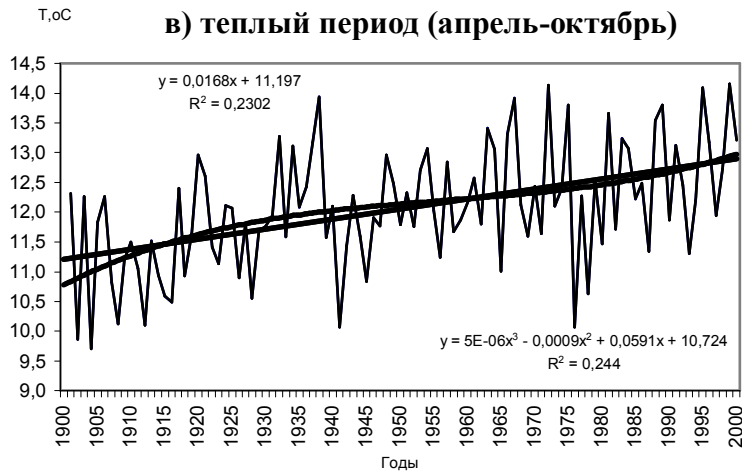
а) год



**б) холодный период
(ноябрь-март)**



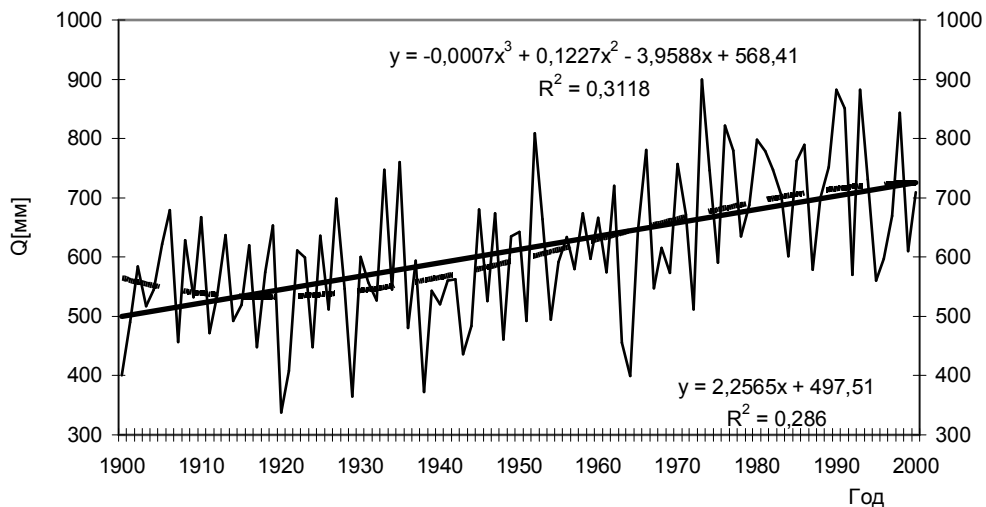
в) теплый период (апрель-октябрь)



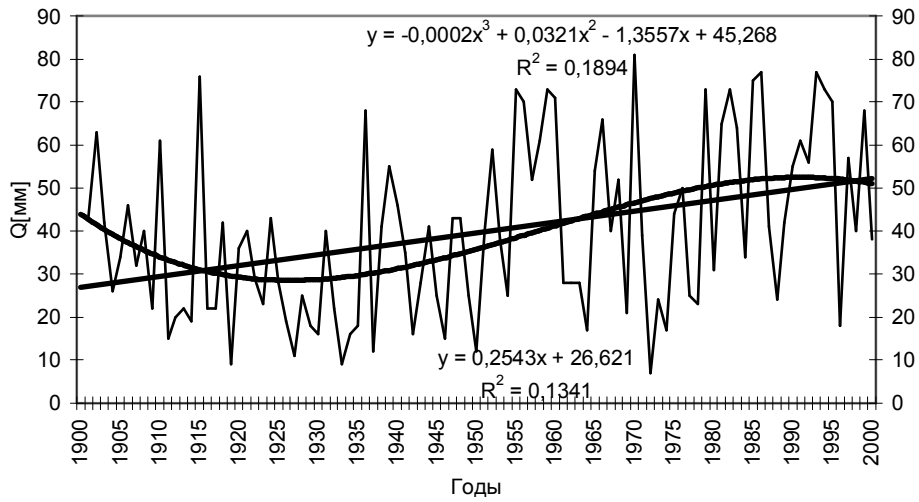
Колебания и тренды температуры воздуха за 1900-2000 гг.:

а) за год; б) холодный период; в) теплый период

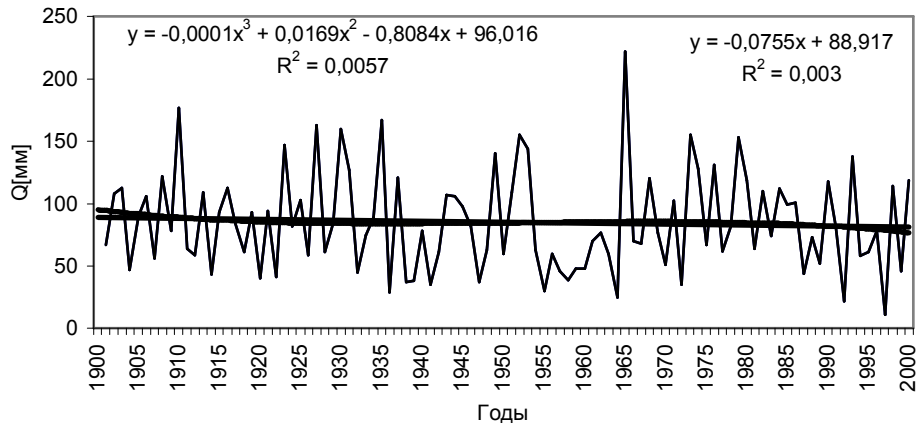
а)



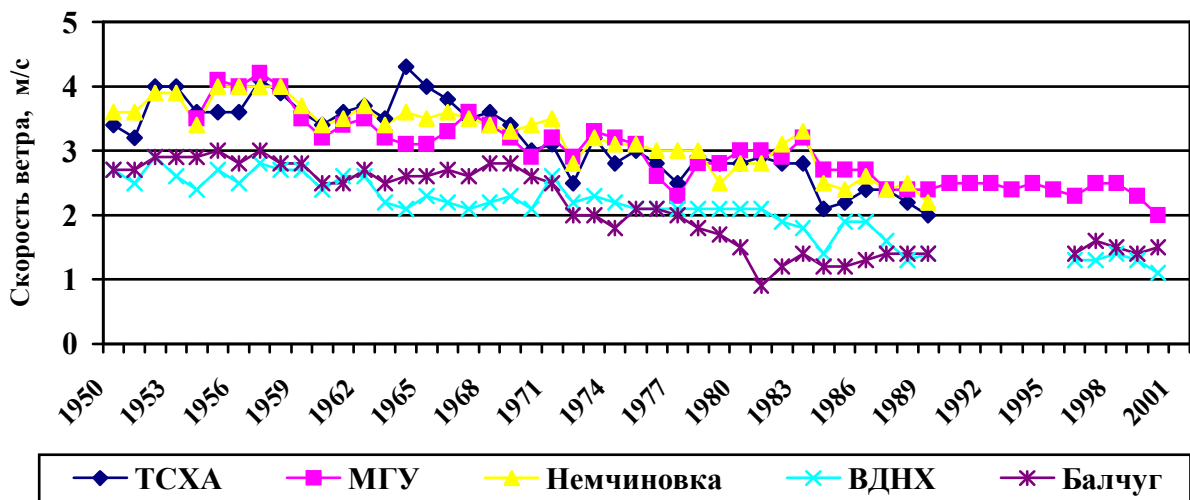
б)



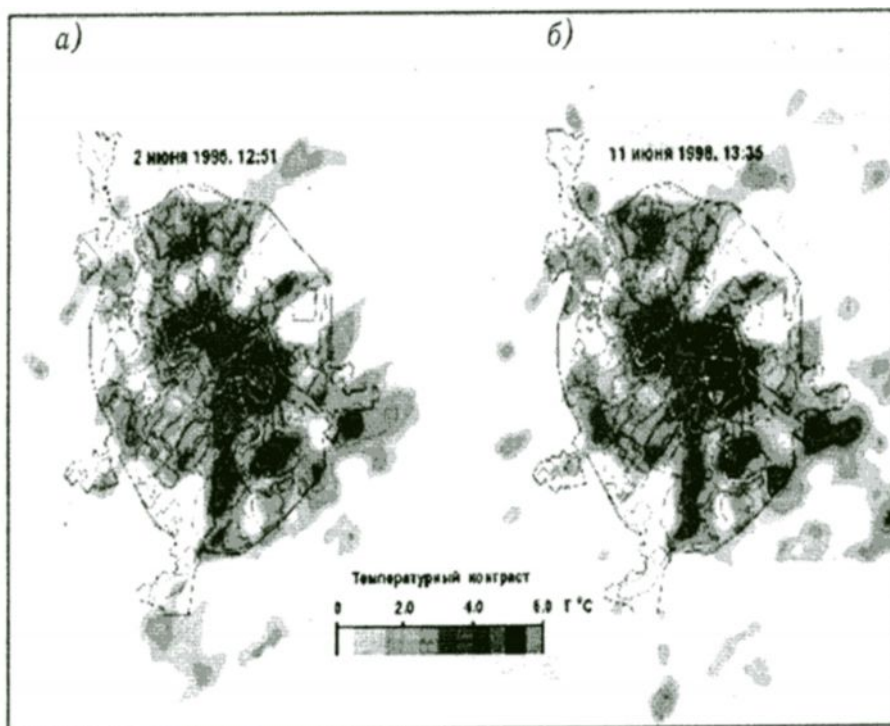
в)



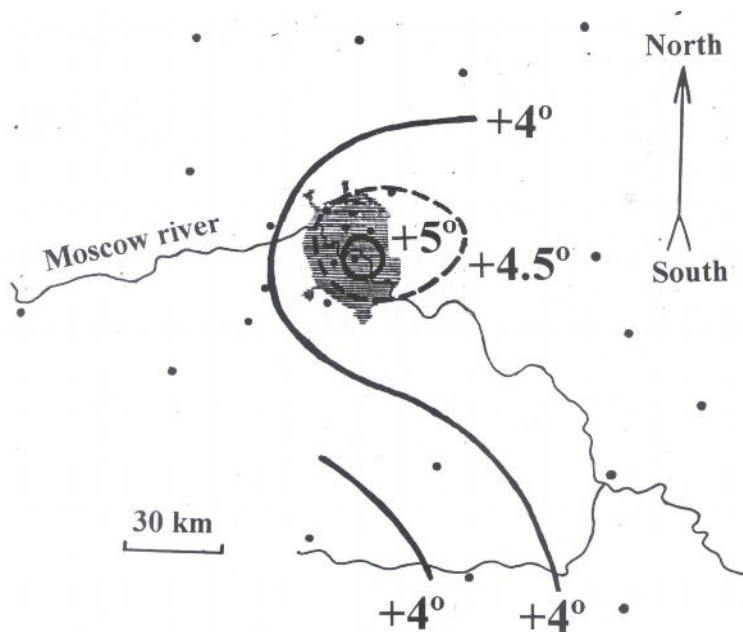
Колебания и тренды сумм осадков в Москве за 1901-2000 гг.
 а) за год; б) январь; в) июль



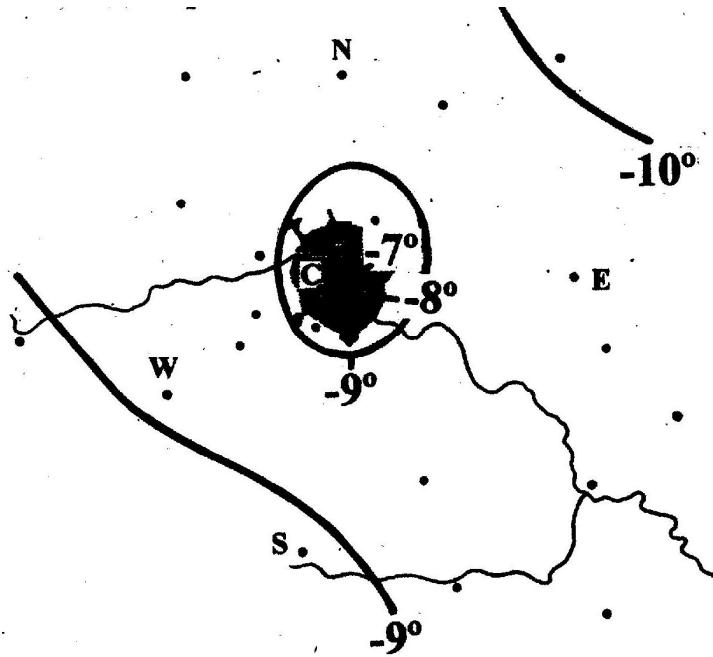
Динамика изменения среднегодовой скорости ветра в Москве в 1950-2001 гг.



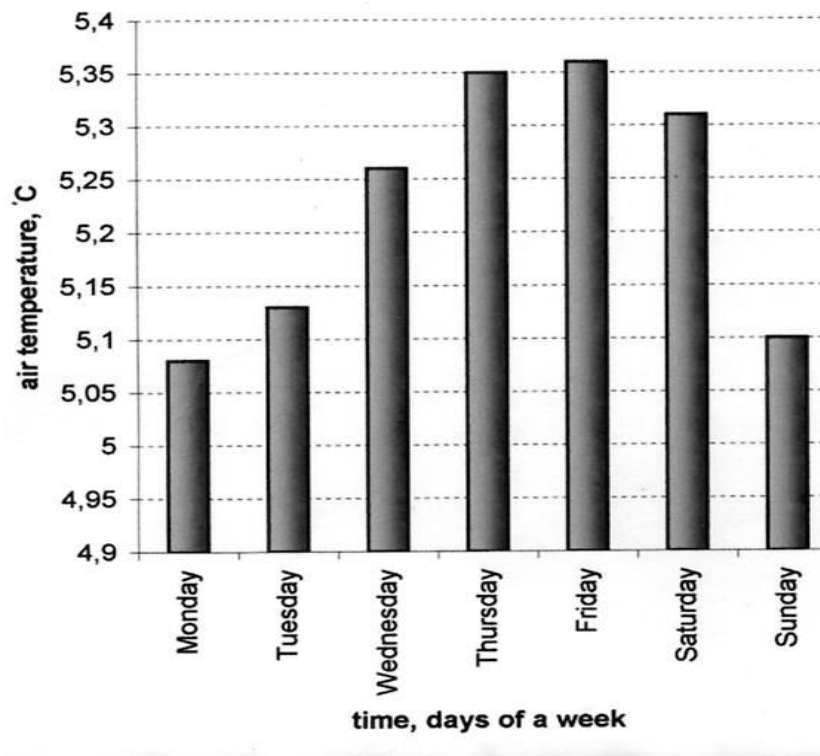
Остров тепла. Распределение тепловых аномалий городских и промышленных агломераций (ГПА) в Москве в июне 1996 г. (а) и июне 1998 г. (б) по Л.Г.Корниенко



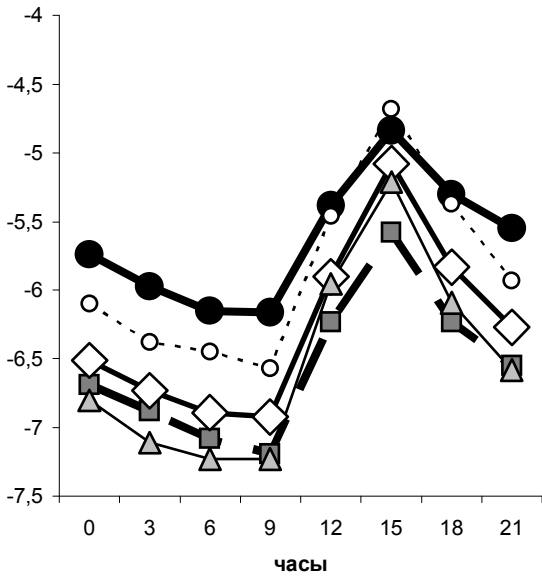
Изотермы средней годовой температуры в районе Москвы и окрестностях, осреднение температур за 1951-1965 гг. Расположение станций: 2 – Москва (ТСХА), 4 – Москва (Балчуг), 5 – Москва (МГУ), 7 – Дмитров, 10 – Павловский Посад, 11 – Подмосковная, 16 – Можайск, 20 – Серпухов



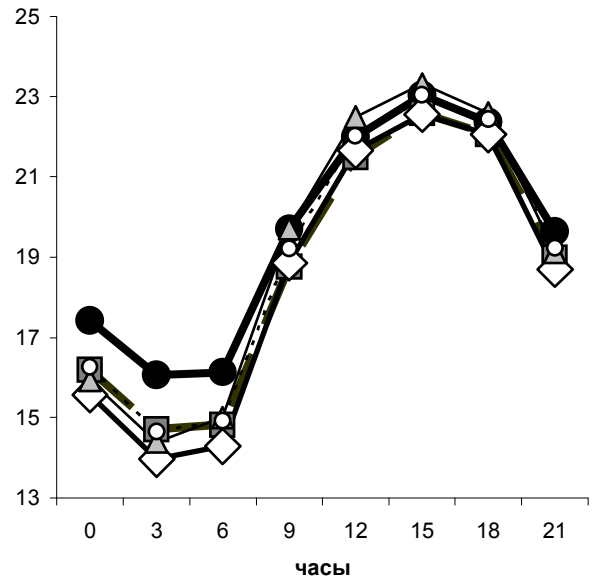
Распределение средней январской температуры в Москве и Подмосковье



Ход средней годовой темпратуры воздуха по дням недели (осреднение за 1961-2002 гг.)

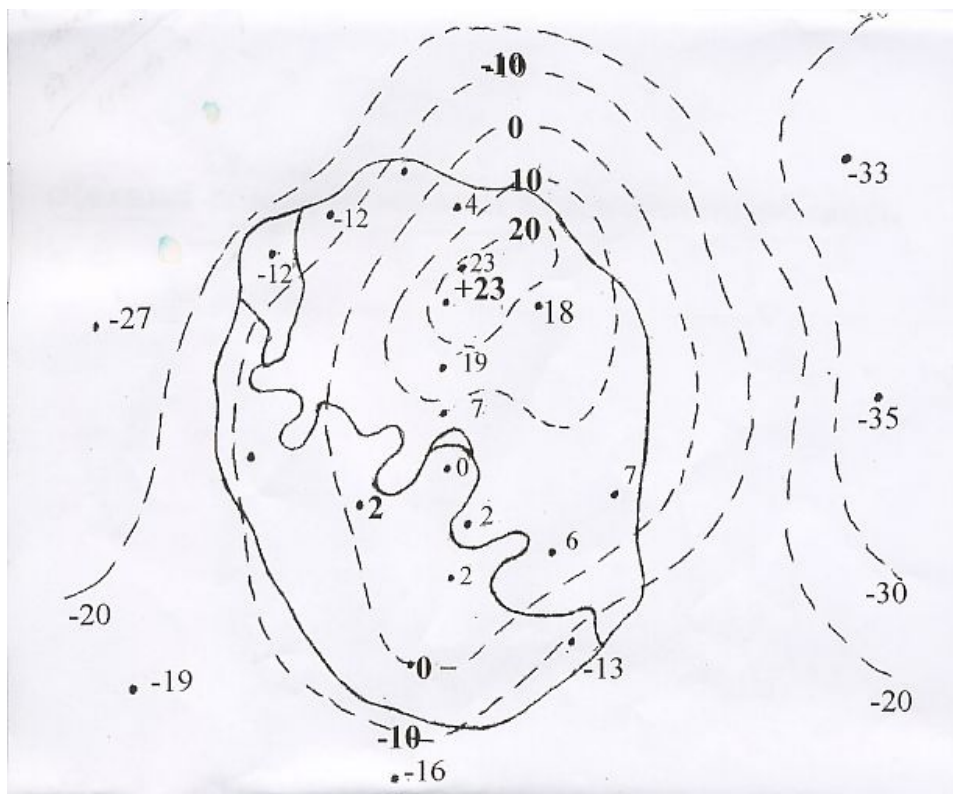


—●— Москва, МГУ —■— север
—◇— запад —△— восток
- - ○ - - юг

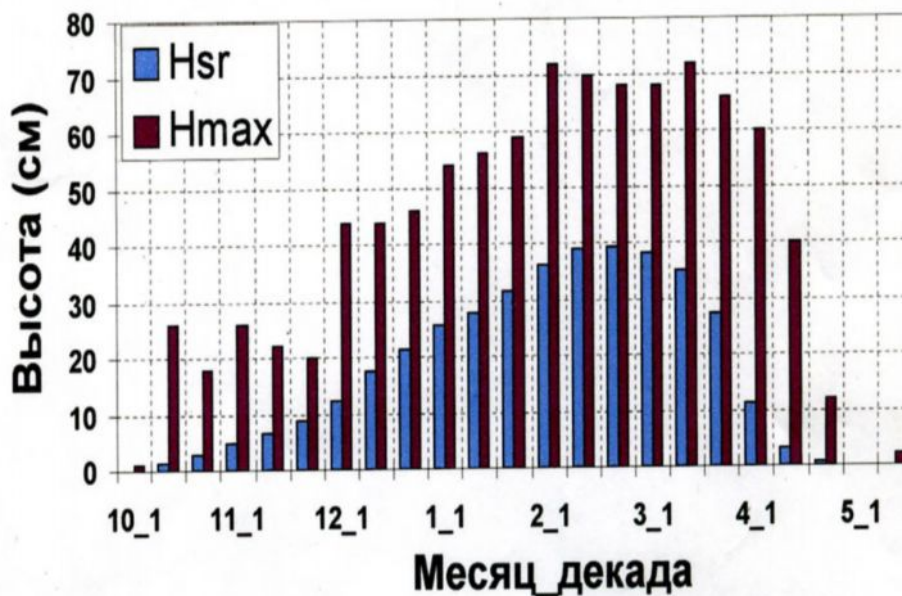


—●— Москва, МГУ —■— север
—◇— запад —△— восток
- - ○ - - юг

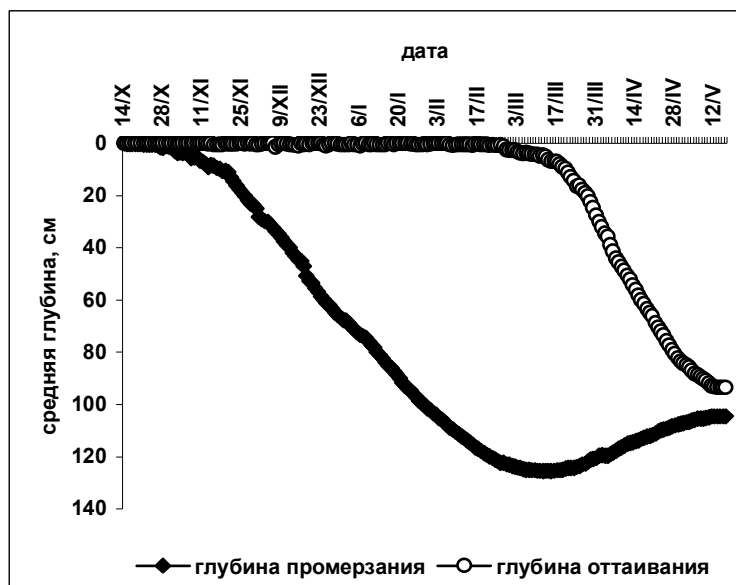
Суточный ход температуры воздуха в Москве (МГУ) и на станциях в 60-100 км от Москвы в январе (а) и июле (б), 1991-2002 гг.



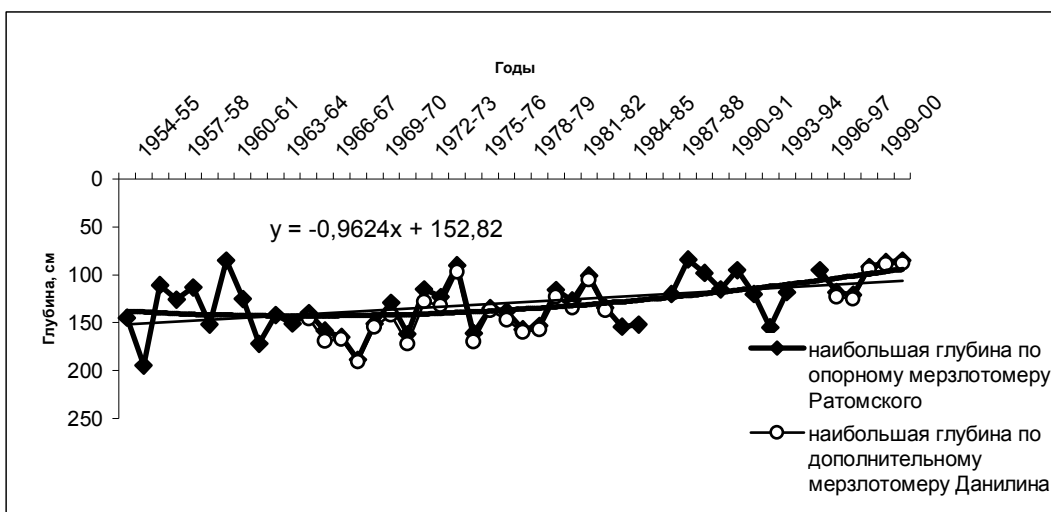
Разности летнего количества осадков ($\Delta \pm R$, мм) между центром города (ст. МГМО) и другими станциями Москвы и Подмосковья по Е.С.Григоровой



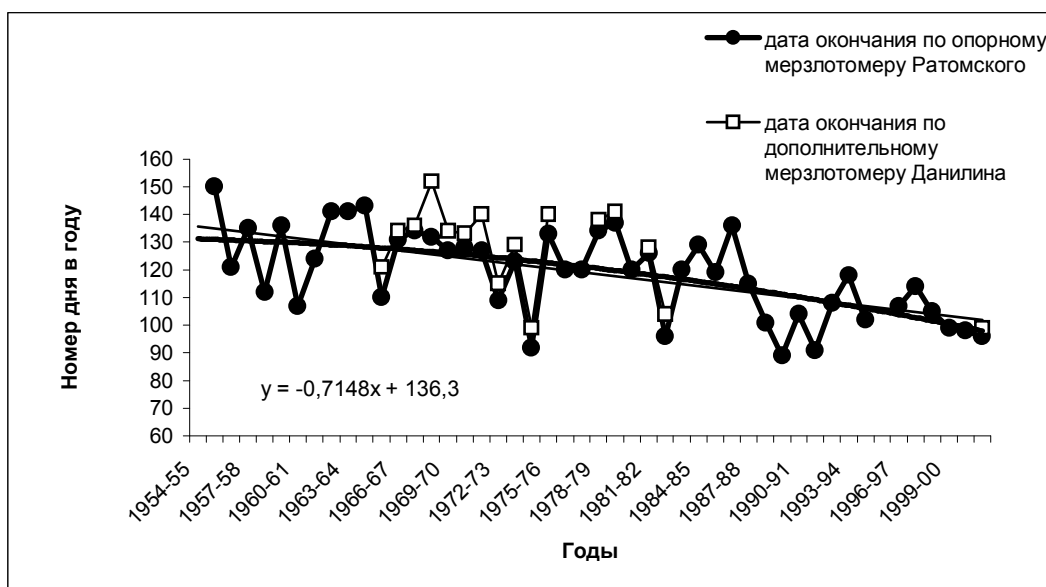
Максимальная (темная) и средняя (голубая) многолетняя высота снежного покрова



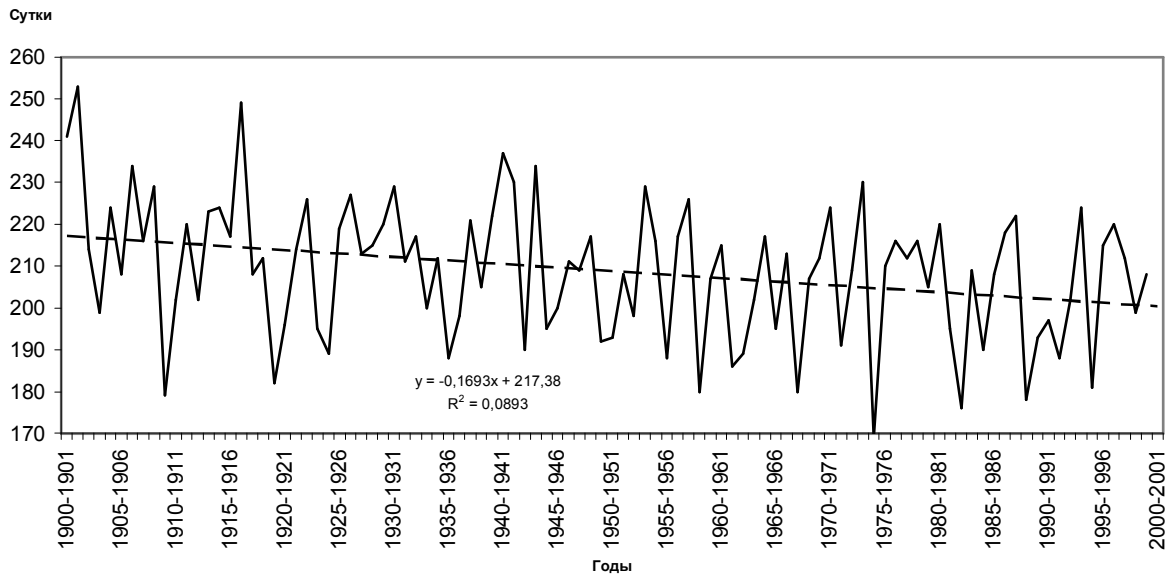
Средние значения глубины промерзания и оттаивания за каждый день под оголённой поверхностью, 1961-2001 гг.



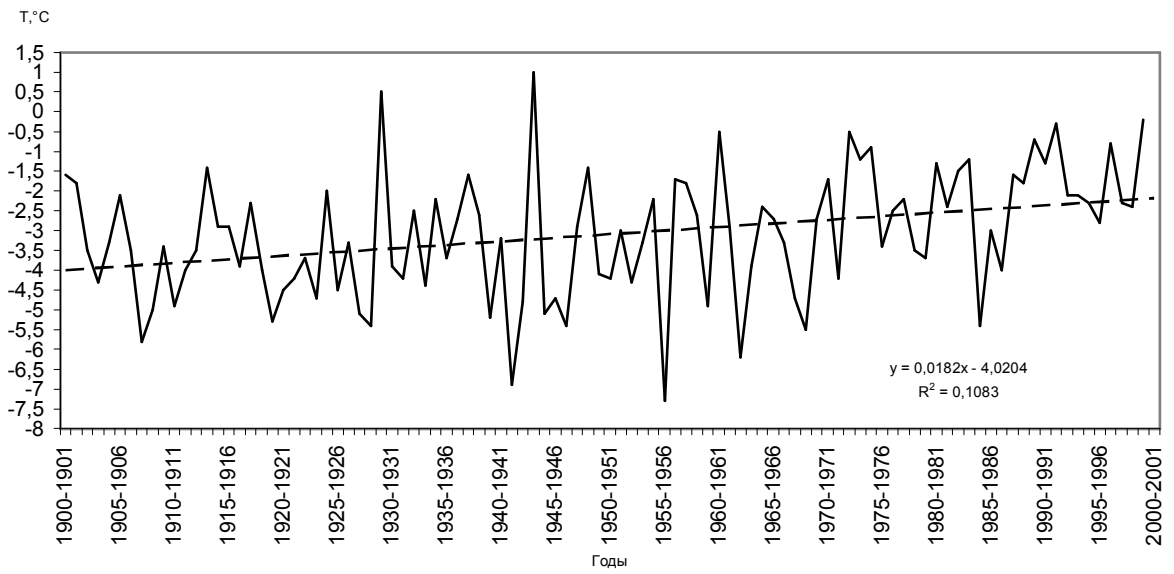
Межгодовые колебания и тренд наибольшей глубины промерзания под оголённой почвой



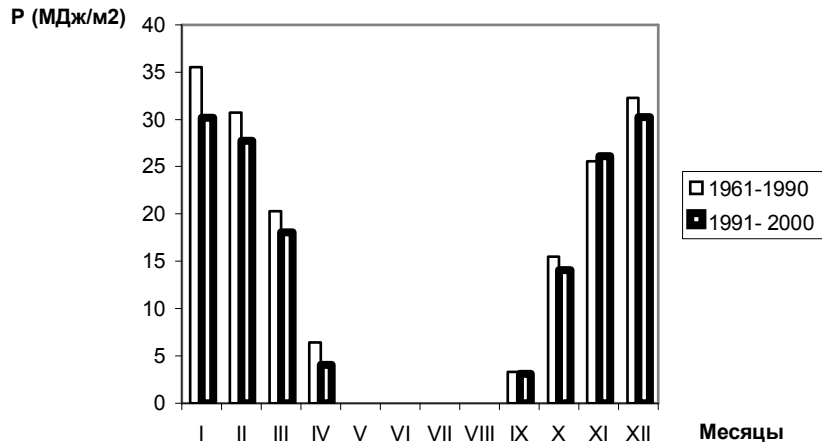
*Межгодовые колебания и тренд дат окончания промерзания под оголённой почвой:
1/IV - 91; 1/V - 121; 1/VI - 152*



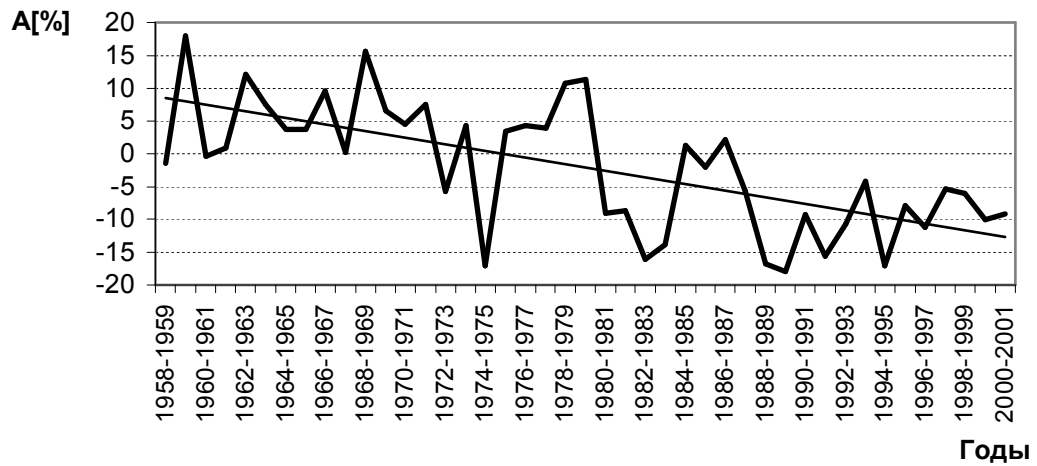
Общая продолжительность отопительного периода



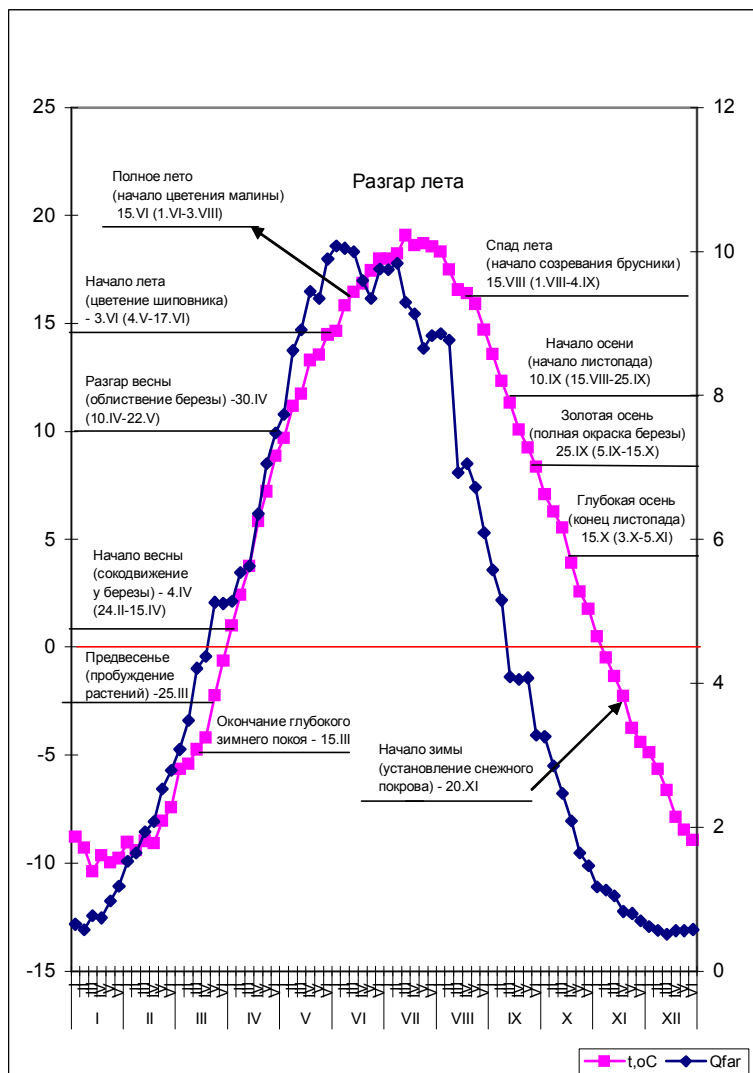
Средняя температура отопительного периода, °С



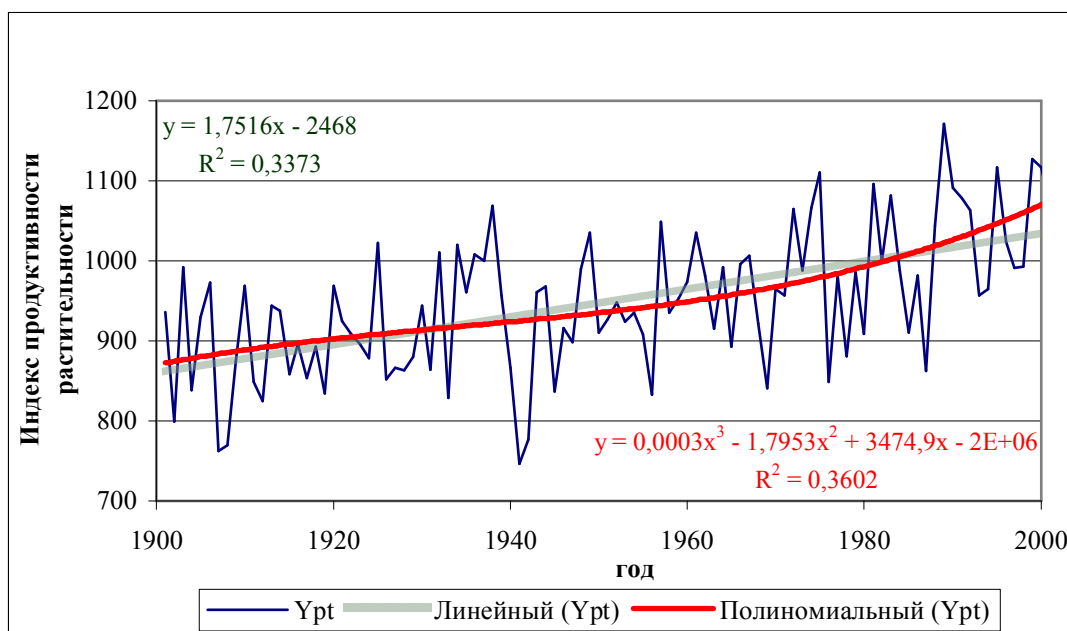
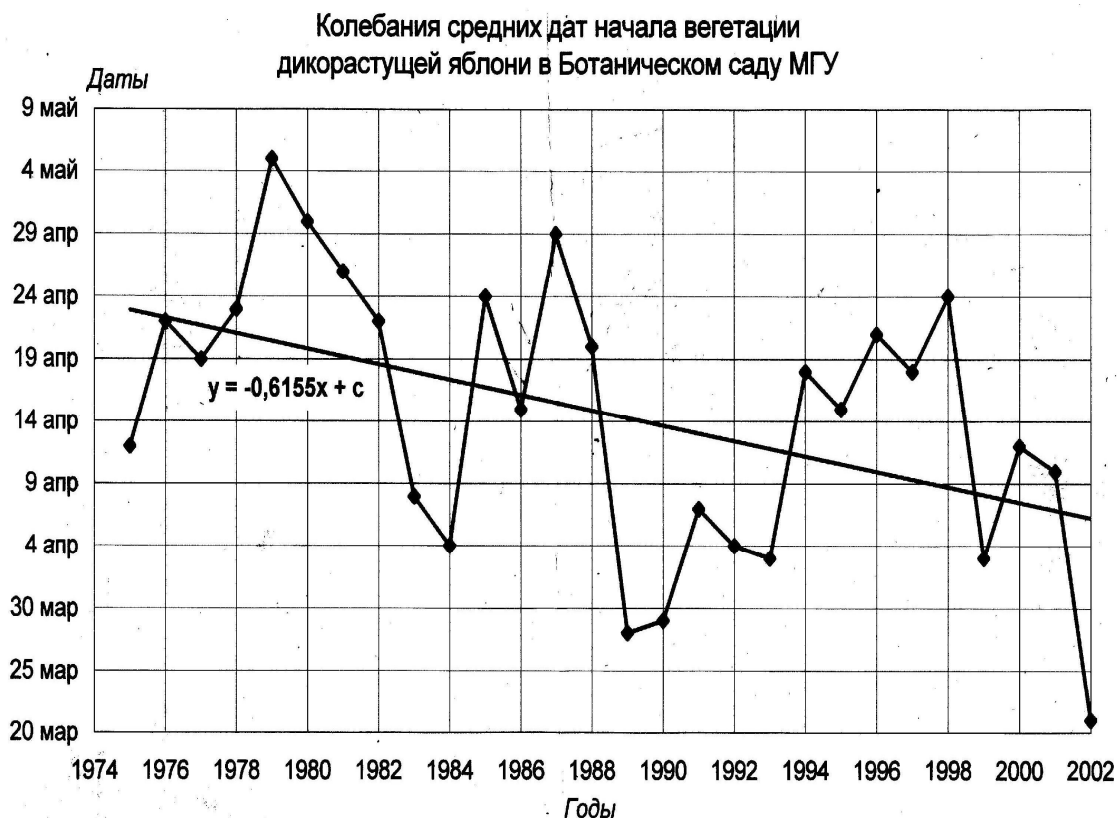
Метеорологические потери типового здания в Москве за 1991-2000 гг. в сравнении с нормами



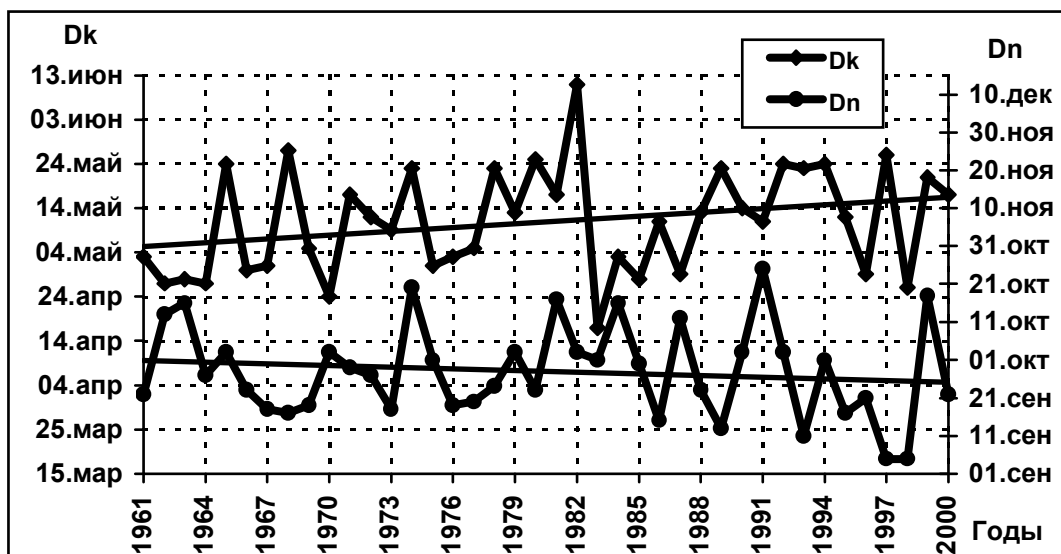
Колебания и тренд метеорологических теплопотерь типового здания за отопительный период (IX-IV) в Москве в период с 1958 по 2001 гг.



Внутригодовой ход средних пентадных значений фотосинтетически активной радиации $Q_{\text{ФАР}}$, МДж/м², средней пентадной температуры воздуха °C в Москве. В поле графика примерные даты реперных фенологических событий, олицетворяющих границы биологических сезонов весны, лета, осени



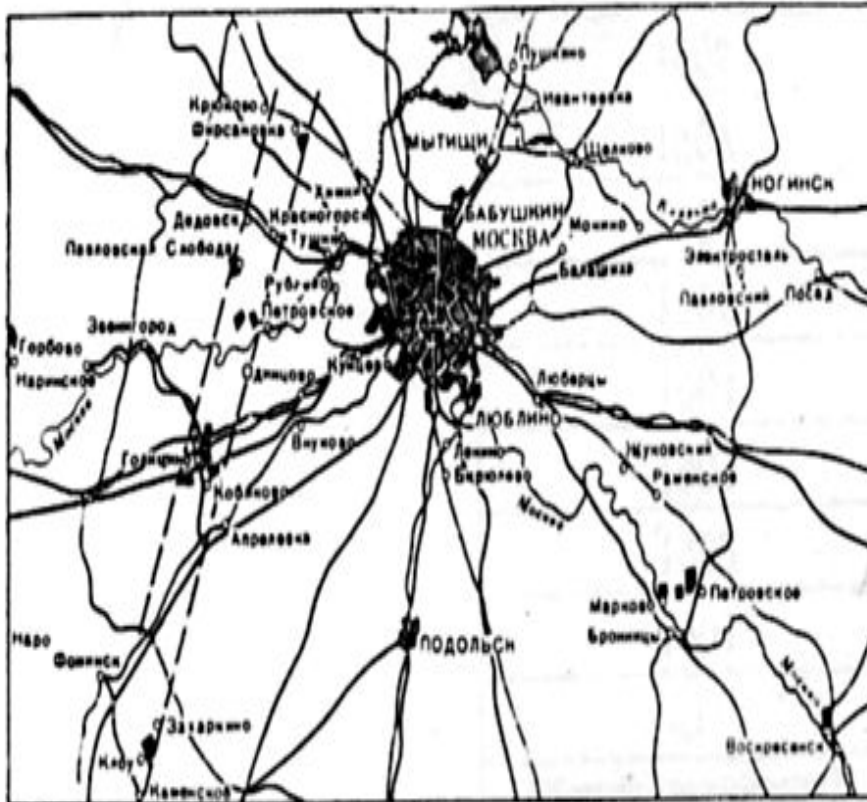
Колебания и тренды индекса общей продуктивности растительности R_{pt} в Москве с 1901 по 2000 гг.



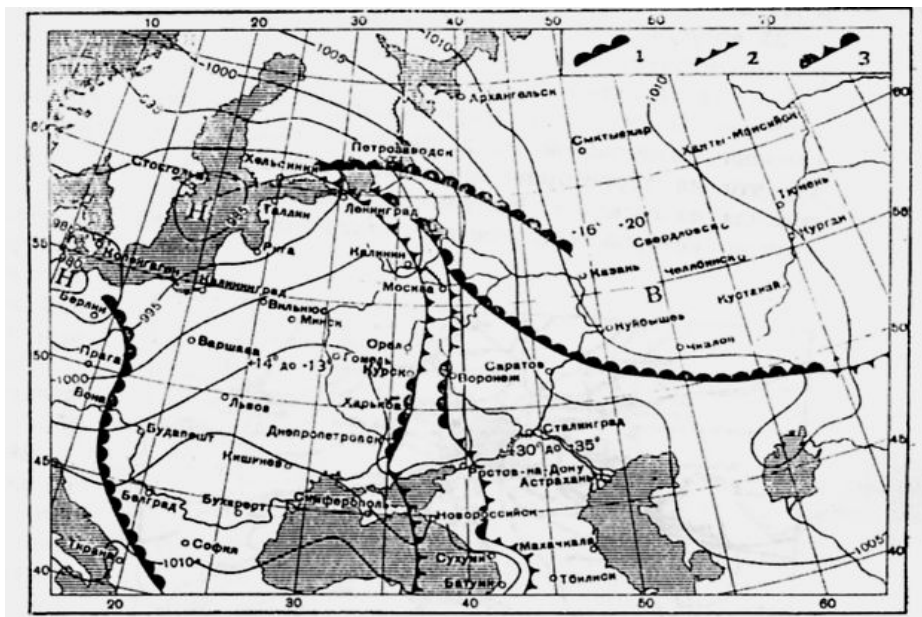
Колебания и тренды дат первого заморозка осенью (Dn, 1) и дат последнего заморозка весной (Dk, 2) за 1961-2000 гг., ст. МО МГУ

Особо опасные явления (1 раз в число лет).

Явления	1 раз в n лет
1. Наводнение (в г. Москве)	200-400
2. Смерчи	100-200
3. Шквалы	3-6
4. Дождь > 50 мм/12ч	3-6
5. Снегопады < 20 см/24 ч	2-4
6. Заморозки -5° С	5-10
7. Сильные морозы -20° подряд > 5 суток	10
8. Засухи с ГТК < 1	5-7
9. Град > 3 см	30
10. Гололед > 10 мм	10-20
11. Видимость < 50 м	2-3
12. «Скачки» метеоэлементов > 10 единиц	20
13. «Скачки» метеоэлементов > 20 единиц	20-40

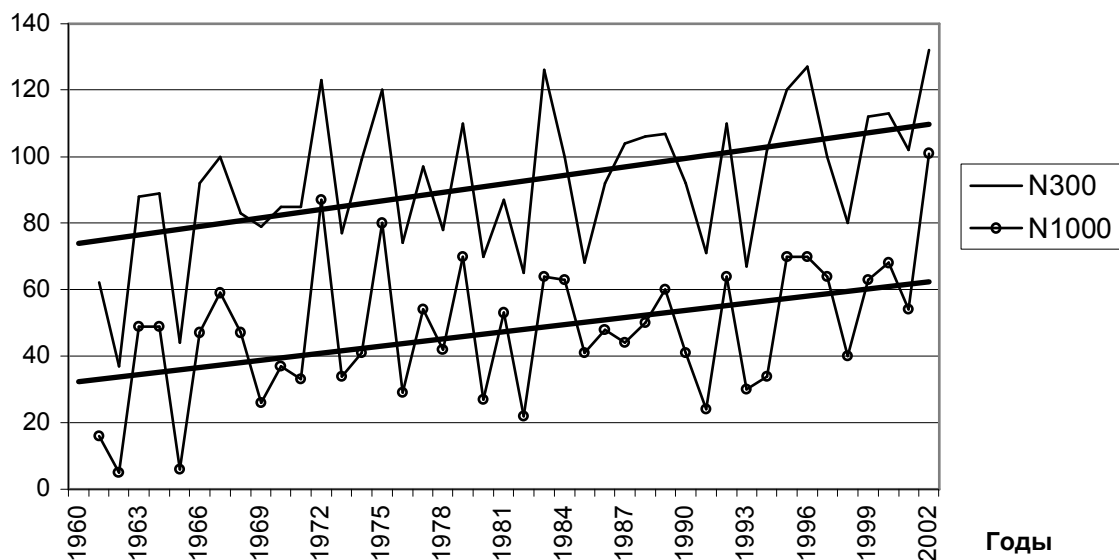


Карта Московской области с указанием мест, где бури 25 и 31 августа 1956 г. вызвали разрушения (на карте зачернены). Пунктиром показана граница зоны, внутри которой происходило движение смерча

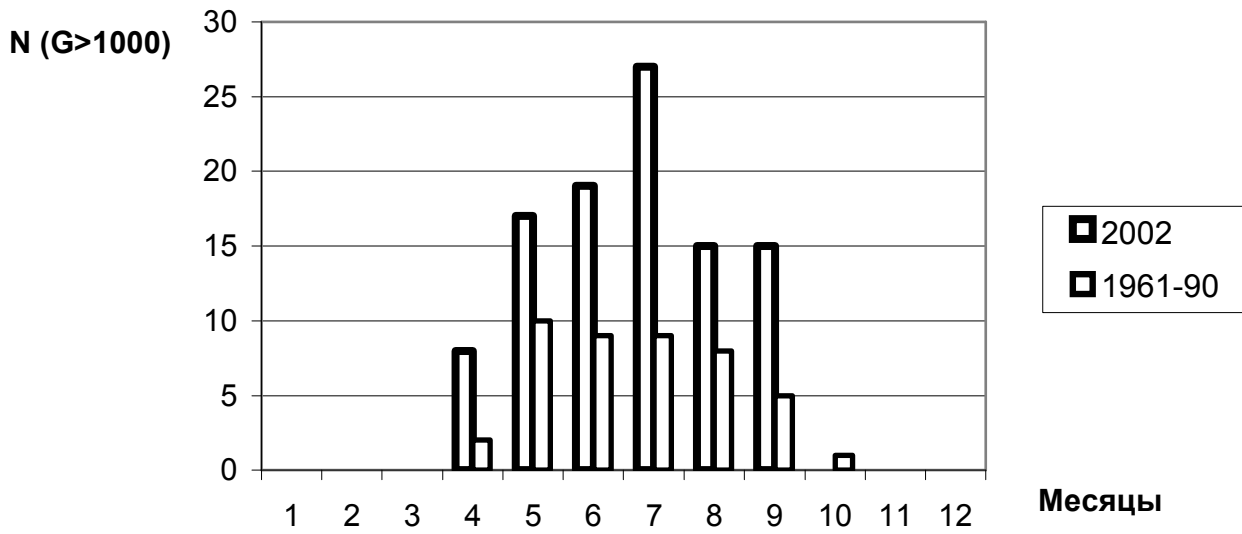


Схематическая синоптическая карта Европы за 15 час 25 августа 1956 г. 1 – теплый фронт; 2 – холодный фронт; 3 – фронт окклюзии; Н – области низкого давления; В – области высокого давления

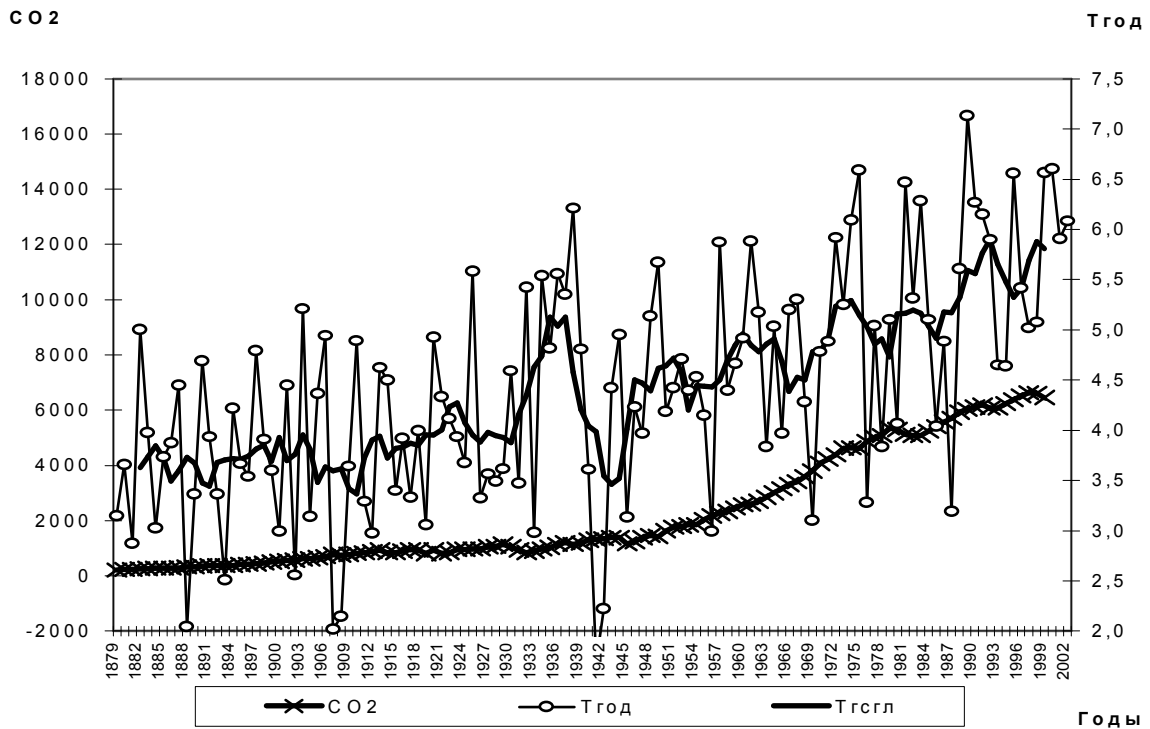
Число дней



Многолетний ход числа дней за год с индексом горимости $G > 300$ и с $G > 1000$



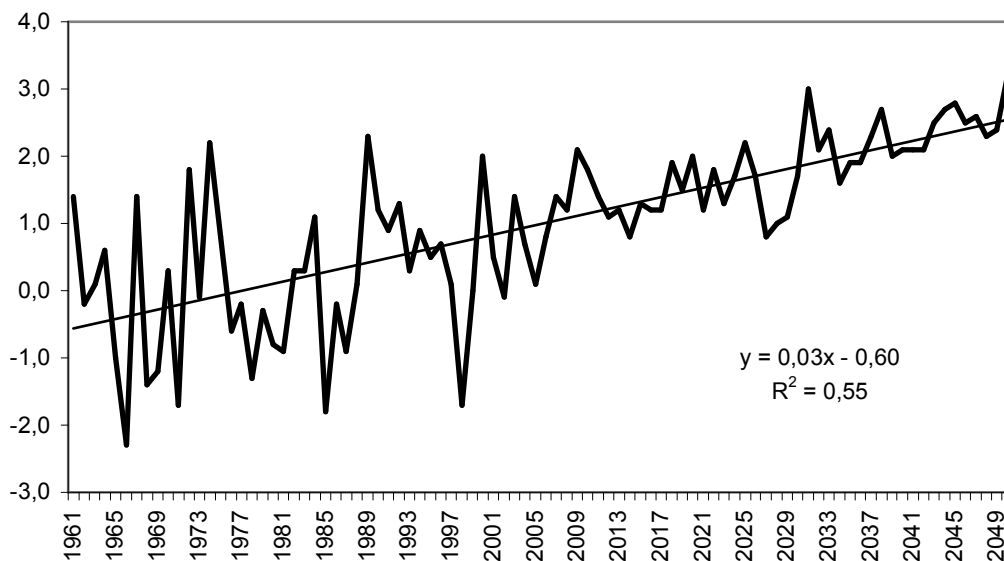
Число дней в месяце с $G > 1000$ в 2002 году и нормы за 1961-1990 гг.



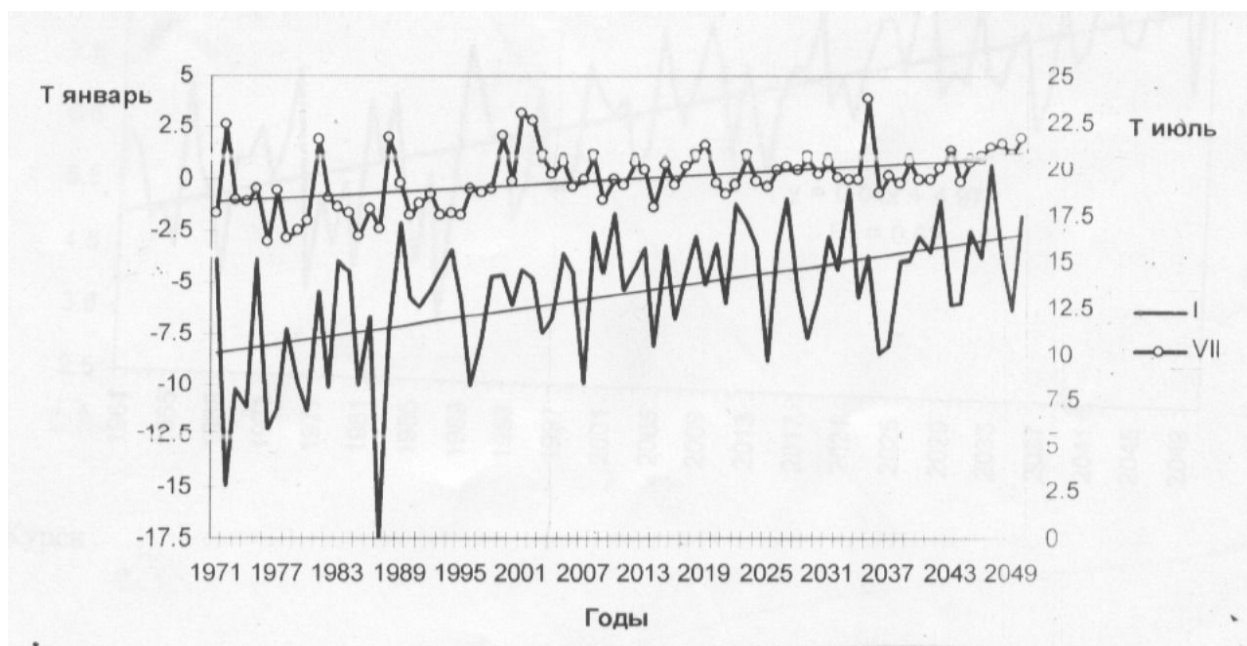
ПРОГНОЗНЫЕ ОРИЕНТИРЫ НА XXI ВЕК
 Общее количество эмиссии углекислого газа (CO₂) на Земле.
 Среднегодовая [T°C, год] и сглаженная по 7-летиям температура воздуха [T°C, сгл] в Москве за 1897-2002 гг.

Некоторые выводы (по элементам за 100 лет 1901-2000 г.г.)

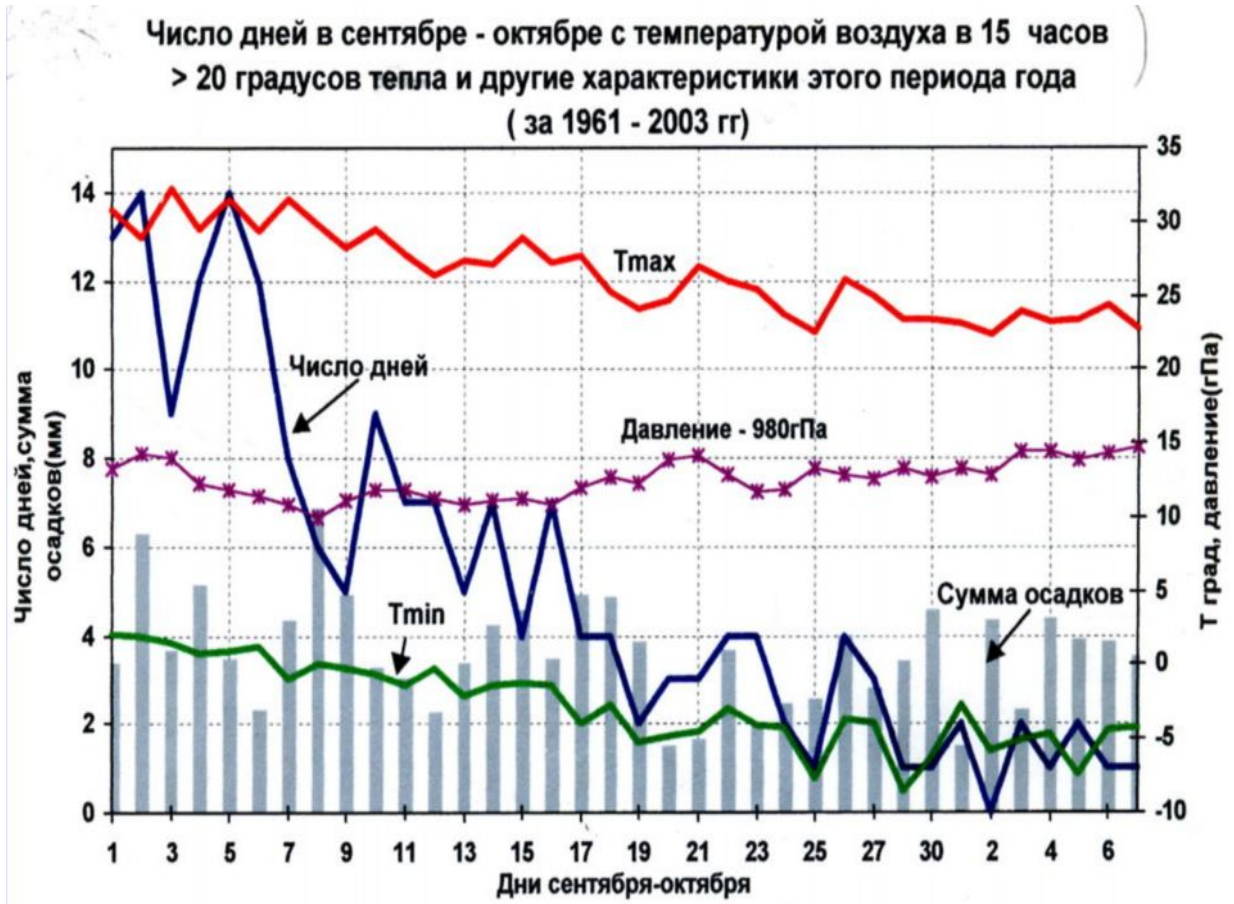
I Тенденции за 100 лет		
1	Температура воздуха, за год	+2,3° С
	холодный сезон: X1-III	+3,2° С
	январь	+2,8° С
	апрель	+3,2° С
	лето	±0,5° С
2	Атмосферные осадки, год	100 мм
	холодный сезон, X1-III	100 мм
	лето	± 0
3	Атмосферное давление, 1-III	-5 мб(гПа)
4	Континентальность климата	-4-5%
II Рекордные годы и сутки		
5	Самый теплый – 1989 год	+ 7,3 ° С
6	Самый холодный – 1941 год	1,8° С
7	Самый влажный – 1973 год	900 мм/год
8	Самый «сухой» - 1920 год	383 мм/год
9	Самые теплые сутки в году 15/УП	19,3° С
10	Самые холодные сутки 13/1	- 11,1° С
III Рекордные изменения за сутки		
11	Самый большой перепад за сутки	
12	Рост температуры воздуха	+ 31° С
13	- падение температуры воздуха	- 27° С
14	- рост давления	+ 54 мб (гПа)
15	- падение давления	- 50 мб (гПа)
16	- плотность кислорода	40-45 г/м
17	- относительная влажность	90-50 %



Колебания и тренды отклонений среднегодовой температуры воздуха (T, °C) в Москве по фактическим данным за 1961-2005 гг. по модельным оценкам на 2006-2050 гг.



Колебания и тренды температуры воздуха (°C) за январь и июль в Москве, по фактическим наблюдениям за 1961-2005 гг., по модельным оценкам на 2006-2050 гг.



Еремина И.Д., старший научный сотрудник
МГУ им. М.В.Ломоносова, метеорологическая обсерватория

Изменения кислотности атмосферных осадков в последние годы по наблюдениям метеорологической обсерватории МГУ

В Метеорологической обсерватории МГУ измерения кислотности осадков проводятся с 1980 года, полный анализ ионного состава – с 1982 года. В экологическом отношении метеообсерватория расположена на территории Ленинских (Воробьевых) Гор, в одном из самых чистых районов Москвы. В силу более высокого расположения район хорошо проветривается, здесь нет близко расположенных крупных промышленных объектов и транспортных магистралей.

Изучение химического состава атмосферных осадков проводится на основе отбора единичных проб, то есть каждого случая дождя, снегопада или смешанных осадков с начала выпадения до его окончания. Осадки отбирались с помощью винипластовой воронки размером 80x80 см, расположенной на высоте 2 м от поверхности земли. Для сбора дождевой воды под воронкой устанавливали полиэтиленовое ведро. Зимой, после окончания снегопада, снег из воронки собирали пластмассовым совком в ведро для оттаивания при комнатной температуре. Наблюдения проводились круглосуточно. В каждой пробе дождя и снега определяется содержание анионов: сульфатов (SO_4^{2-}), гидрокарбонатов (HCO_3^-), хлоридов (Cl^-), нитратов (NO_3^-) и катионов: кальция (Ca^{2+}), магния (Mg^{2+}), натрия (Na^+), калия (K^+) и аммония (NH_4^+). Кислотность проб определяли по показателю pH. Кислотность и содержание ионов гидрокарбонатов определяли не позднее 1-2 дней после отбора проб, так как при длительном хранении проб pH осадков и концентрация HCO_3^- может меняться очень заметно, особенно это касается проб с экстремальными значениями кислотности осадков.

Кислотность осадков

Как известно, в отличие от химически чистой воды (pH=7,0) дождевые осадки в естественных условиях всегда содержат различные примеси, влияющие на их значение pH. Благодаря содержанию в атмосфере углекислого газа pH даже очень чистых атмосферных осадков, собранных вдали от источников загрязнений, будет близким к 5,6. Кроме этого, в незагрязненной

атмосфере может присутствовать целый ряд кислотообразующих веществ естественного происхождения: сероводород, двуокись серы, соляная кислота, окислы азота, органические кислоты. Большинство ученых считают, что нижней границей естественного закисления осадков можно считать $pH=5,0$ [9].

За все время наблюдений с 1980 по 2005 год значение pH осадков менялось очень значительно: от минимального $pH=3,20$ (дождь в июле 1987 года) до $pH=9,65$ (снег в ноябре 1983 года). Среднее значение кислотности осадков за все годы наблюдений с 1980 по 2005 гг. $pH=4,96$, т.е. очень близко к точке отсчета кислотных осадков. Причем, с каждым годом это значение увеличивается. Так, в 1990 г. среднее pH составляло 4,77, а в 2000 г. 4,85.

Выпадение очень кислых дождей ($pH<4$) наблюдается редко. В последний раз такие пробы были собраны в 1998-1999 гг. После этого количество кислотных проб стало резко уменьшаться, а в 2002 г. не было собрано ни одной пробы со значением $pH<5$. Однако в 2005 и 2006 гг. вновь стали наблюдаться кислотные осадки. На рис. 1 представлено количество проб осадков с $pH<5$ (в % от общего количества собранных проб в году). Видно, что наблюдается тенденция уменьшения количества кислотных проб осадков за весь период наблюдения.

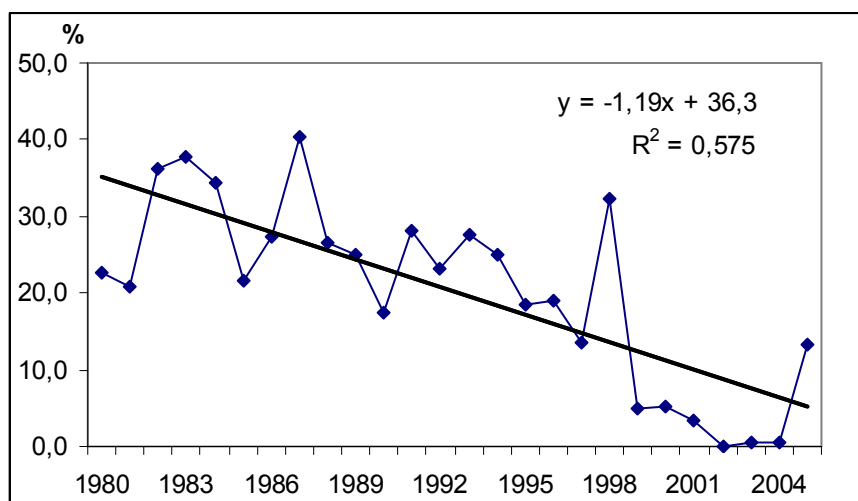


Рис.1. Количество кислотных дождей в 1980-2005 гг.

В теплый сезон (с апреля по октябрь) более вероятно выпадение кислотных осадков, поэтому средневзвешенное значение pH дождей=4,8, а в холодный период (с ноября по март) более характерны нейтральные и слабощелочные значения pH , и для проб снега среднее значение за весь

период наблюдений $pH=5,7$. На рис. 2 представлен годовой ход средних месячных значений кислотности осадков для всего периода наблюдений (1980 - 2005 гг.).

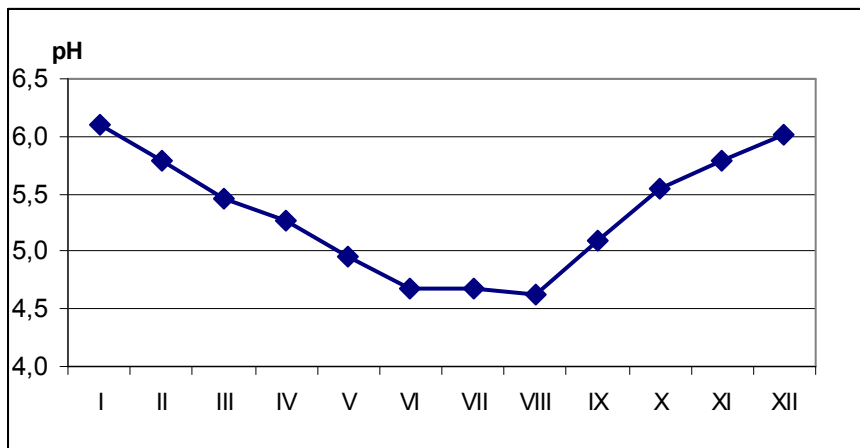
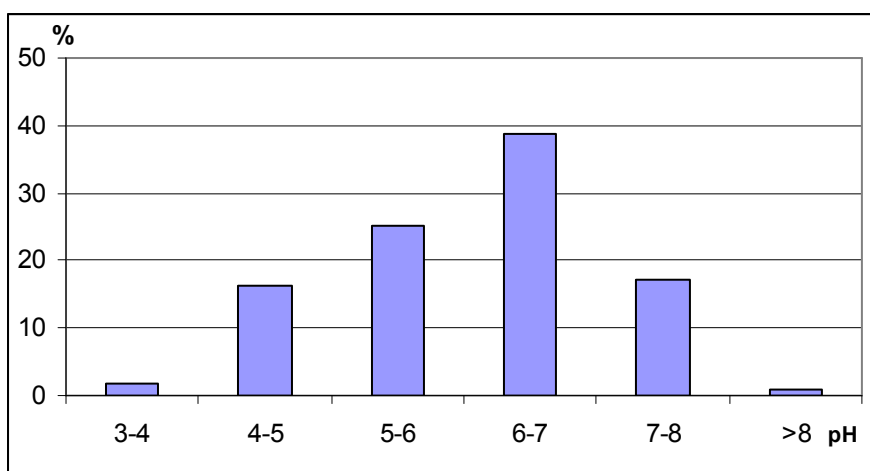


Рис.2. Годовой ход кислотности осадков (pH)

Надо отметить, что в период 1999-2004 гг. кислотных осадков было мало, характерного летнего максимума кислотности (минимальных значений pH) не наблюдалось, и различие кислотности проб жидких и твердых осадков было невелико. Поэтому и средние значения проб снега и дождя различались не сильно. В 2002 г. впервые не было различия средних pH для теплого (2002 г.) и холодного (2002-2003 гг.) периодов: оба эти значения равны 6,14 pH, причем для дождей это максимальное среднесезонное значение pH с 1980 г.

Изучая распределение количества проб осадков по градациям значений pH за все годы наблюдений (рис.3), можно отметить, что для всех осадков без разделения их по агрегатному состоянию большинство проб имеет кислотность в интервале 6-7 pH (38,7%) и 5-6 pH (25,1 %). Примерно одинакова вероятность выпадения слабокислых осадков ($pH=4-5$) и слабощелочных ($pH=7-8$). Случаи выпадения очень кислых осадков ($pH<4$) и сильнощелочных ($pH >8$) единичны. Если рассмотреть распределение по градациям pH проб дождей и снегопадов отдельно, видно, что максимум и тех и других приходится на интервал 6-7 pH (рис. 4). Однако для дождей также высока вероятность выпадения осадков с pH 5-6 и 4-5 (30,3 и 24,8 % соответственно). А для проб снега более вероятно выпадение слабощелочных осадков с $pH=7-8$ (29,5%).

a)



б)

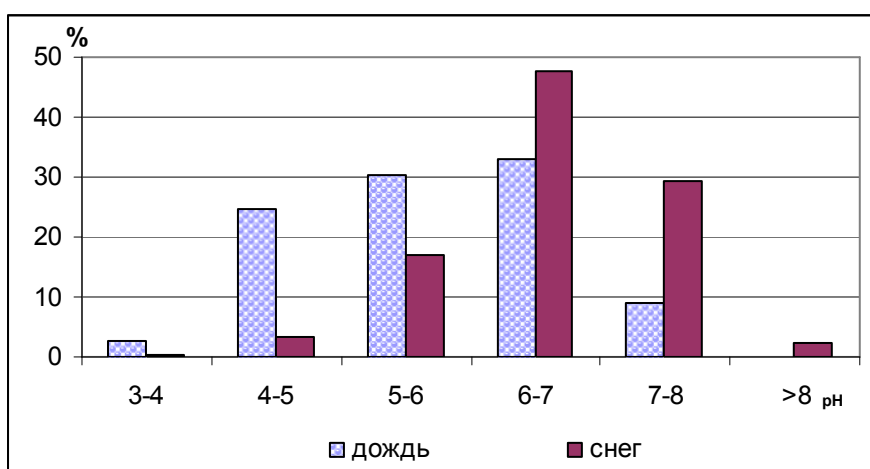
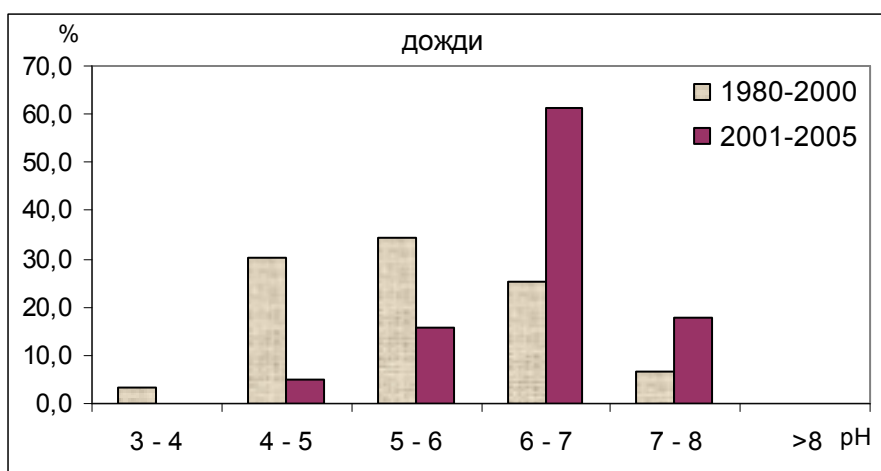


Рис.3. Распределение проб осадков по градациям pH за весь период наблюдений а) – всех осадков, б) – дождя и снега

Рассмотрим распределение pH проб осадков по различным интервалам pH во времени. По сравнению с периодом наблюдений 1980-2000 гг. в последние 5 лет резко изменилась картина распределения проб дождей. Максимальное количество проб дождей в последние годы имеет pH в интервале от 6 до 7 (61,5%) и почти в 3 раза возросло количество проб слабощелочных осадков с pH=7-8. Раньше максимум приходился на градацию равновесных значений 5-6 pH (34,5%), причем высока была и вероятность выпадения осадков со слабокислыми и нейтральными значениями pH (30,4 и 25,1% соответственно). В распределении проб снега максимум, как и раньше, приходится на градацию 6-7 pH, и таких проб стало выпадать больше (почти 60%), а количество проб снега с меньшими значениями pH уменьшилось.

а)



б)

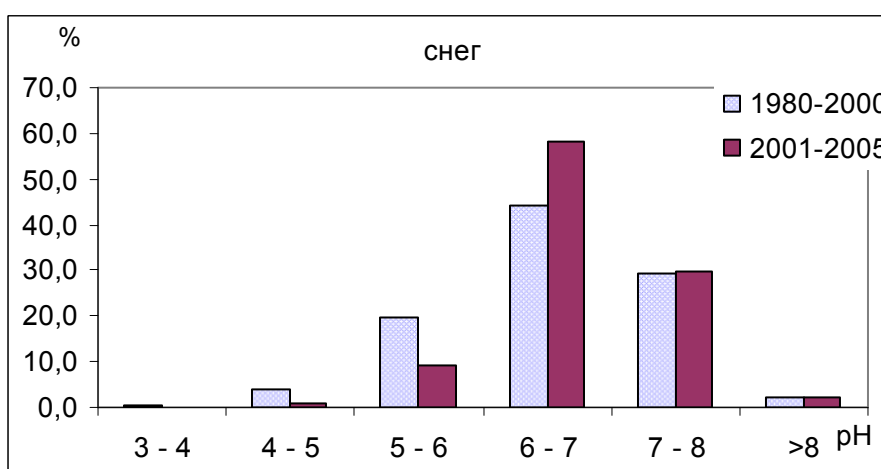


Рис.4. Распределение проб дождя (а) и снега (б) по градациям pH за периоды 1980-2000 и 2001-2005 гг.

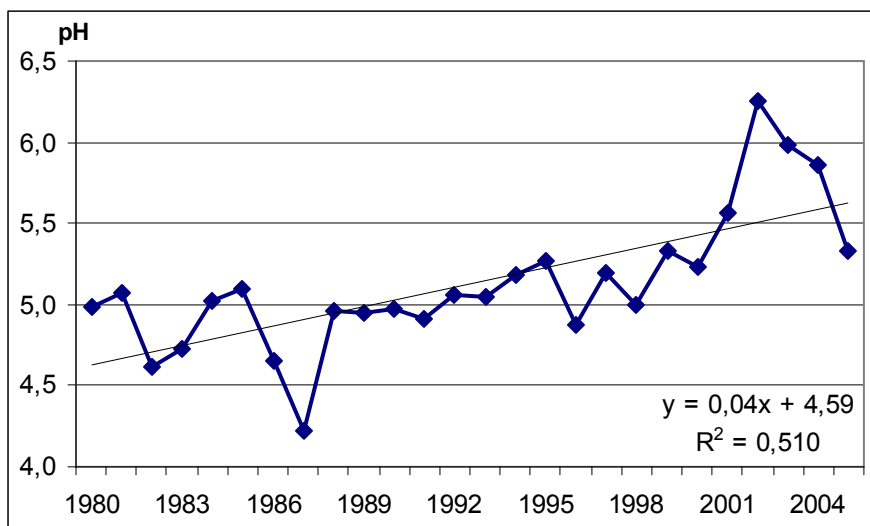
Многолетние изменения средневзвешенных годовых значений pH всех осадков без разделения их по агрегатному состоянию (а), а также осадков виде дождя и снега (б) в течение 1980-2005гг. представлены на рис. 5. Видно, что самые кислые осадки выпадали в 1987 году. (Средневзвешенные значения pH=4,2 за год и pH=4,1 для теплого периода).

В последние годы средние годовые значения имеют величину pH >5. Как видно, наблюдается явная тенденция увеличения pH всех осадков (т.е. уменьшения их кислотности). Причем это происходит, в основном, благодаря увеличению средних значений pH дождей (рис.5, б). А для проб снега тренда практически не наблюдается (рис.5, б). Видно, что в начале периода наблюдений средние сезонные значения pH дождя и снега различались очень

значительно (около 1 pH). А в последние 10 лет эти значения сближаются, и в отдельные годы (1995, 2002 и 2005 гг.) почти совпадают.

Все это говорит об уменьшении кислотности осадков в районе МГУ и увеличении их щелочности.

а)



б)

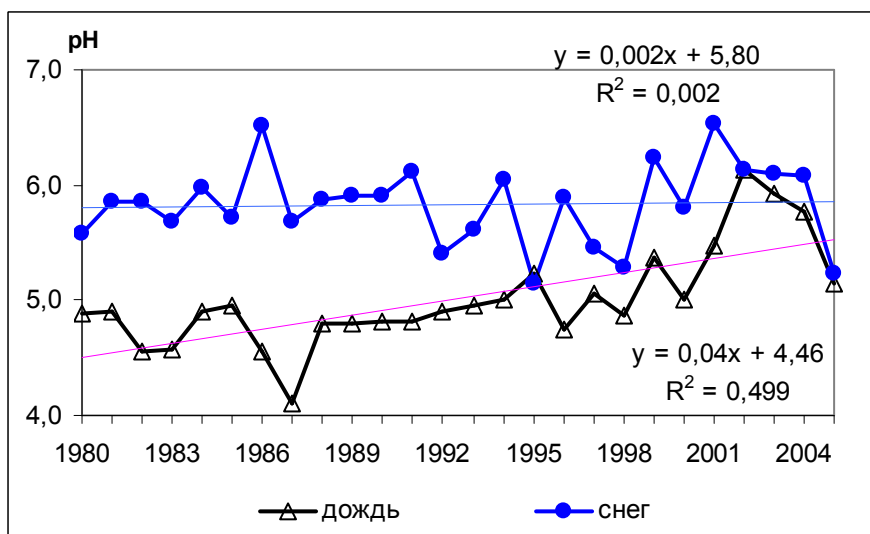


Рис.5. Многолетние изменения значений pH:
а) - для всех осадков, и б) - отдельно для проб дождя и снега.

Ионный состав осадков

Интегральным показателем загрязненности атмосферных осадков служит сумма концентраций всех ионов или суммарная минерализация осадков. Средние годовые значения данной величины изменялись в пределах от 11,8 мг/л (2001г.) до 27,0 мг/л (1991г.). На рис. 6 представлен тренд средних годовых

значений минерализации атмосферных осадков (кривая 1). Такой же вид имеют кривые изменения главных ионов осадков – сульфатов (2), кальция (3), хлоридов и некоторых других, содержание которых в осадках невелико. Отметим особенно значительное уменьшение концентраций сульфатов и хлоридов в 2000 – 2004 гг.: средние годовые значения не превышали 2,8 мг/л SO_4^{2-} и 1,6 мг/л Cl^- при средних многолетних значениях 5,4 мг/л SO_4^{2-} и 3,0 мг/л Cl^- .

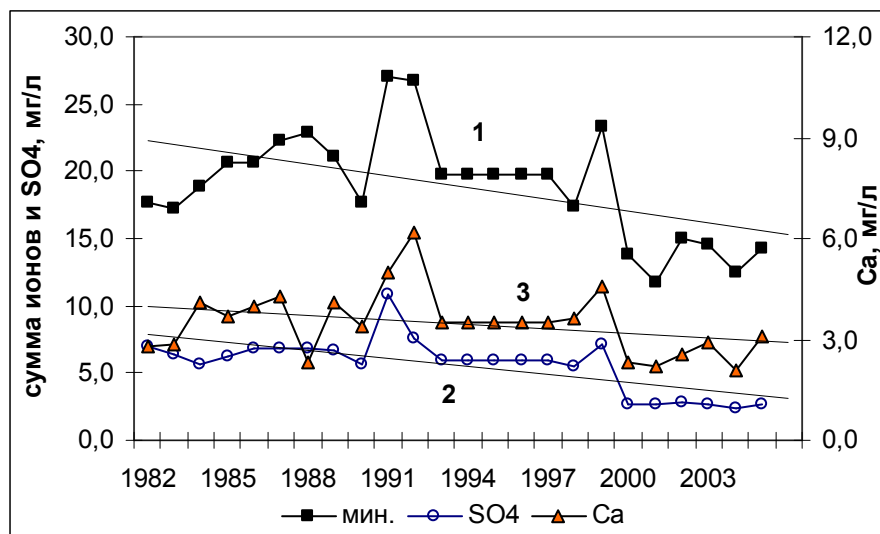


Рис. 6. Изменение средних годовых значений суммы ионов (кривая 1), концентраций ионов SO_4^{2-} (2) и Ca^{2+} (3) в осадках за период 1982 – 2005 гг.

Концентрации почти всех ионов уменьшаются, а положительная тенденция наблюдается только для годовых концентраций ионов натрия и гидрокарбонатов в осадках.

При рассмотрении тенденций изменения концентраций ионов в осадках отдельно для теплого и холодного сезонов года можно отметить, что значение суммарной минерализации уменьшается как для дождевых, так и для снеговых проб. В пробах холодного периода наблюдается и уменьшение ионов сульфатов, гидрокарбонатов и кальция. Существенного тренда для концентраций ионов нитратов и аммония не наблюдается, а содержание натрия и ионов хлоридов в осадках холодного периода возрастает.

Что касается проб осадков теплого периода, то в них снижаются концентрации всех определяемых ионов, за исключением иона гидрокарбоната. Причем, увеличение содержания ионов HCO_3^- происходит настолько заметно, что средние годовые концентрации HCO_3^- превысили таковые для иона

сульфата в 2000 и 2002-2004 годах, хотя преобладающим анионом в осадках всегда был сульфат, и мы относили осадки к сульфатно-кальциевому классу.

Итак, содержание большинства ионов уменьшается как в дождевых, так и в снеговых пробах. Содержание иона HCO_3^- наоборот, увеличивается в дождевых пробах, а в снежных тоже уменьшается. Вероятно, это связано с уменьшением кислотности дождей (в кислых пробах (с $\text{pH} < 5,0$) ион гидрокарбоната разлагается).

Для изучения связи между различными ионами осадков рассчитывали коэффициенты корреляции между парами ионов. Наибольший коэффициент корреляции, как правило, наблюдается у следующих пар: $\text{Ca}^{2+} - \text{HCO}_3^-$ (0,912), $\text{K}^+ - \text{SO}_4^{2-}$ (0,804), $\text{K}^+ - \text{Cl}^-$ (0,763), $\text{Ca}^{2+} - \text{Cl}^-$ (0,756), $\text{NH}_4^+ - \text{SO}_4^{2-}$ (0,747). Это свидетельствует о том, что в осадках эти ионы вероятнее всего находятся в виде соединений $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, K_2SO_4 , KCl , CaCl_2 , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ или NH_4HSO_4 . Заметим, что в 2000-2004гг. у иона H^+ не было корреляции ни с одним из кислотных анионов. А вот в 1998 г., когда летом было 48% дождей с $\text{pH} < 5$, коэффициенты корреляции иона водорода с ионами SO_4^{2-} , Cl^- и NO_3^- составляли 0,327, 0,445 и 0,460 соответственно. В 2005 г. наблюдалась корреляция H^+ только с ионом Cl^- (0,412). Это означало, что в осадках были свободные кислоты H_2SO_4 , HCl и HNO_3 , хотя большая часть их и была нейтрализована (например, ионами кальция и аммония).

Заключение

На основании многолетних наблюдений за химическим составом атмосферных осадков в метеорологической обсерватории МГУ можно сделать следующие выводы:

1. Среднее значение кислотности осадков за все годы наблюдений с 1980 по 2005 гг. $\text{pH} = 4,96$, т.е. очень близко к точке отсчета кислотных осадков. Причем, с каждым годом это значение увеличивается.

2. Растет доля проб осадков с нейтральными (6-7 pH) и слабощелочными (7-8 pH) значениями показателя кислотности, а количество кислотных проб с $\text{pH} < 5$ уменьшается.

3. В теплый период, как правило, больше вероятность выпадения кислотных проб осадков, а в холодный период наблюдаются нейтральные и слабощелочные осадки.

4. Наблюдается положительный тренд средних годовых значений рН всех осадков и проб дождей, т.е. кислотность их уменьшается. Заметного изменения рН осадков в холодный период не наблюдается.

5. Средние годовые значения почти всех определяемых в осадках ионов, а также их интегрального показателя – минерализации, уменьшаются со временем. Особенно заметно уменьшение концентраций ионов сульфатов и хлоридов.

6. В отдельные годы, когда кислотных осадков выпадало особенно много, в осадках возможно присутствие свободных кислот.

Горбаренко Е.В.

Московский Государственный Университет им. М.В. Ломоносова,

Географический факультет

catgor@mail.ru

Аэрозольная мутность атмосферы как характеристика экологического состояния воздушного бассейна города Москвы

В метеорологической обсерватории МГУ (МО МГУ) с 1955 года осуществляется мониторинг аэрозольной мутности атмосферы для выявления закономерностей изменения аэрозольного загрязнения под воздействием естественных и антропогенных факторов в условиях большого города.

Город трансформирует проходящую над ним воздушную массу, изменяя наряду с другими характеристиками ее оптические свойства. В условиях города параметры аэрозольной мутности атмосферы могут служить косвенной характеристикой антропогенного загрязнения и отражать экологическое состояние воздушного бассейна [Абакумова и соавт., 1983].

В качестве характеристики аэрозольной мутности атмосферы используется аэрозольная оптическая толщины (АОТ) атмосферы для эффективной длины волны солнечного спектра $\lambda_0=550$ нм (τ_{a,λ_0}), рассчитанная по данным измерений интегральной прямой солнечной радиации [Тарасова, Ярхо, 1991]. Создан банк данных срочных и среднесуточных значений τ_{a,λ_0} с 1955 года, текущие данные обрабатываются в оперативном режиме.

На основе этих наблюдений опубликован ряд статей, где проанализирована изменчивость τ_{a,λ_0} и оценены основные факторы ее определяющие [Абакумова, Ярхо, 1992; Абакумова, Ярхо, 1994; Абакумова и соавт., 2005; Горбаренко, 1997].

Аэрозольная оптическая толщина атмосферы испытывает суточные, сезонные и межгодовые колебания, связанные как с естественными, так и с антропогенными факторами. Величина колебаний АОТ (отклонение от нормы или фона), вызванная разными факторами может быть значительной. Но продолжительность влияния разных факторов меняется от нескольких часов, дней (метеорологические условия), двух лет (вулканические извержения) или может быть постоянной (антропогенное загрязнение).

Наиболее значительное увеличение аэрозольной мутности связано с вулканическими извержениями, влияние которых сказывается на τ_{a,λ_0} в течение последующих двух лет. Самое значительное увеличение аэрозольной мутности атмосферы на 35-40% отмечается в периоды извержений вулканов Эль-Чичон и Пинатубо [Абакумова, Ярхо, 1992, 1994].

Влияние дымной мглы от лесных пожаров на аэрозольную мутность атмосферы сопоставимо с вулканическими извержениями. Средние месячные значения τ_{a,λ_0} в июле августе и сентябре 1972, 2002 годов, когда в Москве наблюдалась дымная мгла, в полтора-три раза превышали норму. Но действие дымового аэрозоля кратковременно, так как он быстро вымывается из атмосферы [Абакумова и соавт., 2005].

При кратковременном увеличении АОТ прежде всего ухудшается экологическая ситуация, при длительном увеличении – можно говорить о влиянии аэрозоля на климат.

В промышленном городе аэрозольная мутность атмосферы, наряду с естественными глобальными процессами и количеством выбросов, зависит от метеорологических условий, способствующих накоплению примесей или очищению атмосферы. Совместная интерпретация метеорологических и актинометрических данных МОМГУ позволяет оценить изменчивость аэрозольной оптической толщины атмосферы под влиянием метеорологических условий, величина которой, при некоторых условиях, сопоставима с изменчивостью, обусловленной процессами, более крупного масштаба, такими как вулканические извержения, дымная мгла и т.д. Подобные оценки необходимы для выявления соотношения между аэрозолем естественного и антропогенного происхождения.

Влияние погодных условий более всего сказывается на суточной и межсуточной изменчивости τ_{a,λ_0} . Под влиянием изменчивости метеорологических параметров (наличие инверсии и осадков, дневной ход конвекции, адвекция воздуха и т.д.) значение τ_{a,λ_0} в течение дня может меняться в 2-3 раза.

Продолжительные, низкие инверсии, отмеченные при относительно затишье способствуют накоплению примесей в городе. Максимальное отклонение τ_{a,λ_0} от нормы (более 50%) наблюдается при существовании устойчивой стратификации в течение нескольких дней.

В течение всего года наибольшие средние суточные значения τ_{a,λ_0} отмечаются при малых скоростях ветра независимо от его направления и при ветрах восточных направлений, "чистотой" во все сезоны года отличаются ветры северных направлений. Результаты анализа связей между τ_{a,λ_0} и скоростью ветра показали наличие двух максимумов τ_{a,λ_0} при малых скоростях ветра при всех направлениях ветра и при скорости ветра восточных направлений > 5 м/с, что связано с вкладом в загрязнение атмосферы двух групп источников в промышленном городе.

При слабом ветре основную роль в загрязнении воздуха играют низкие выбросы. Для Москвы максимум загрязнения при малых скоростях ветра наиболее выражен зимой, когда вследствие пониженного турбулентного обмена ослаблено рассеяние низких и увеличено поступление в приземный слой высоких выбросов. Усиление второго максимума при скорости 5 м/с отмечается в основном летом, что связано с часто наблюдающимися конвективными условиями, при которых имеет место интенсивное поступление к земле выбросов от высоких источников. Так, увеличение скорости ветра >5 м/с приводит к увеличению τ_{a,λ_0} при восточных направлениях, т.е. при ветрах из наиболее загрязненных промышленных районов Москвы (табл.1).

Таблица 1. Средние значения τ_{a,λ_0} при различных направлениях и скоростях ветра

Направление ветра	Число случаев	Скорость ветра, м/с			Среднее
		1-2	3-4	>5	
С	41	0,20	0,16	0,07	0,14
С-В	202	0,22	0,19	0,29	0,23
В	96	0,29	0,34	0,32	0,32
Ю-В	225	0,28	0,26	0,34	0,29
Ю	101	0,25	0,20	0,25	0,23
Ю-З	415	0,19	0,18	0,08	0,15
З	144	0,17	0,13	0,14	0,15
С-З	396	0,16	0,13	0,09	0,13
штиль	26				

Существенное уменьшение аэрозольной мутности атмосферы связано с конвекцией и выпадением осадков (табл.2). Процесс вымывания определяется совокупностью факторов: количеством, продолжительностью и интенсивностью осадков, характером их выпадения (действие повторяющихся дождей больше, чем отдельных эпизодических) [Горбаренко, Ерёмина, 1998].

По данным МОМГУ значительное вымывание наблюдается при месячном количестве осадков 50-60 мм, дальнейшее увеличение количества осадков в месяц почти не сказывается на вымывании аэрозолей.

Значительное снижение величин τ_{a,λ_0} после прохождения фронтальных осадков может быть связано не только с очищающим действием осадков, но и со сменой воздушной массы после прохождения фронта. При этом, максимальные изменения τ_{a,λ_0} отмечаются после наиболее длительных, с наибольшим количеством осадков дождей. В большей степени вымывающее действие дождя определяет продолжительность осадков. Аэрозольная оптическая толщина атмосферы уменьшилась после 20-ти часового дождя в 15 раз, а после экстремального по количеству осадков дождя всего в 5 раз (табл.2).

Таблица 2. Сравнение τ_{a,λ_0} до и после дождей

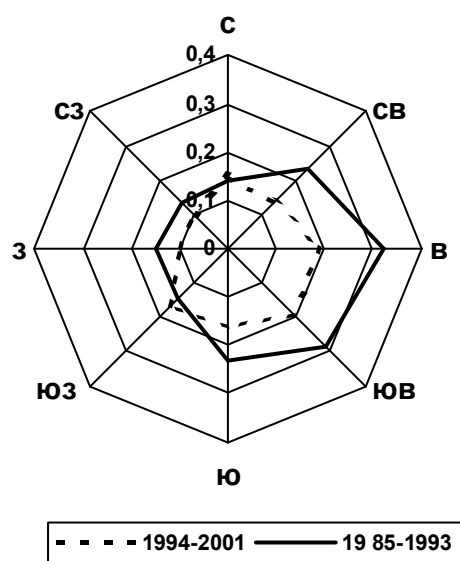
Фронтальные осадки				Внутримассовые осадки			
τ_{a,λ_0} до дождя	Продолжительность, час	Количество, мм	τ_{a,λ_0} после дождя	τ_{a,λ_0} до дождя	Продолжительность, час	Количество, мм	τ_{a,λ_0} после дождя
0,28	2	2,8	0,06	0,79	1	3,1	0,54
0,22	7	8,9	0,08	0,64	26	72,9	0,25
0,46	20	25,8	0,03	0,57	4	11,5	0,31
0,50	7	78,1	0,09	0,12	1	0,4	0,08

Зависимость аэрозольной оптической толщины атмосферы от метеорологических параметров городского воздуха сложна и неоднозначна и определяется, в основном, комплексом параметров.

Синоптическая ситуация представляет собой в наиболее общем виде сложный комплекс метеорологических и аэрологических характеристик, отражает многообразие процессов, происходящих в атмосфере. При этом синоптические ситуации, определяющие уровень загрязнения в городе, возможно предсказать существующими способами. Наряду со сменой погоды будет изменяться и аэрозольная оптическая толщина атмосферы в связи с разным составом и концентрацией аэрозоля в различных воздушных массах.

Изучение синоптических условий, способствующих аэрозольному загрязнению воздуха, является основой для его прогнозирования.

Влияние города на аэрозольное загрязнение атмосферы



обнаруживается во все сезоны года и проявляется в том, что значения аэрозольной оптической толщины при ветрах с восточной составляющей, т.е. со стороны центра и промышленных районов Москвы значительно выше, чем при других направлениях. На рисунке 1 приведены средние суточные значения τ_{a,λ_0} по направлениям

ветра, осредненные за периоды наблюдения 1985-1993 гг. и 1994-2001 гг.

Рис.1. Средние суточные значения τ_{a,λ_0} при различных направлениях ветра

Независимо от периода наблюдений максимальные значения τ_{a,λ_0} отмечаются при ветрах восточных направлений. При этом разница средних суточных значений τ_{a,λ_0} , осредненных за разные периоды наблюдения, при “чистых” северных направлениях ветра практически отсутствует и существенно возрастает при южных и восточных направлениях ветра. Значения τ_{a,λ_0} (1994-2001гг.) уменьшились в два раза по сравнению с τ_{a,λ_0} (1985-1993 гг.) (рис.1).

Из этого следует, что влияние города сохраняется во все годы наблюдений, но, начиная с середины 90-х, оно уменьшилось.

Анализ повторяемости различных градаций средних суточных значений τ_{a,λ_0} за 1994-2001гг. по сравнению со всем периодом наблюдений, так же свидетельствует об очищении атмосферы в Москве в последние годы. Для возможности сравнения с интегральными параметрами прозрачности атмосферы, градации τ_{a,λ_0} пересчитаны на принятые градации прозрачности атмосферы. В 1994-2001 г. увеличилась повторяемость высокой и повышенной прозрачности атмосферы (табл.3).

Таблица 3. Повторяемость различных градаций средних суточных значений τ_{a,λ_0} .

Прозрачность	Градации τ_{a,λ_0}	Зима		Весна		Лето		Осень	
		1955-2004	1994-2001	1955-2004	1994-2001	1955-2004	1994-2001	1955-2004	1994-2001
Высокая	<0.03	10	33	1	3	1	2	5	12
Повышенная	0.03-0.12	33	49	20	43	22	48	42	54
Нормальная	0.13-0.24	35	16	40	37	39	36	30	26
Пониженная	0.25-0.41	17	3	28	15	27	13	16	6
Низкая	>0.41	5	0	11	2	11	1	7	2

Тенденции в многолетней изменчивости аэрозольной мутности атмосферы могут свидетельствовать об антропогенном влиянии на состояние воздушной среды в городе. Увеличение аэрозольной мутности атмосферы (положительный тренд τ_{a,λ_0}) с 1955 года до 1994 года во все сезоны, кроме зимы, и тенденция к увеличению разности между средними годовыми значениями τ_{a,λ_0} в Москве и пригороде, свидетельствовали о росте содержания антропогенного аэрозоля в атмосфере в этот период [Горбаренко, 1997].

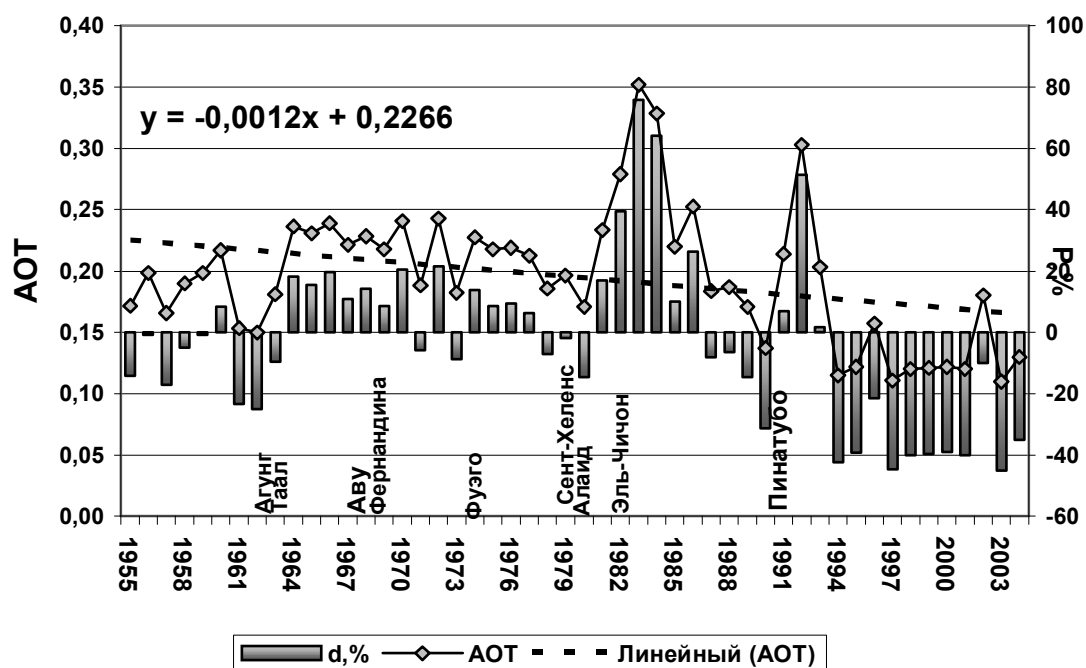


Рис.2. Многолетние изменения τ_{a,λ_0} , изменение отклонений ($d\%$) средних годовых значений τ_{a,λ_0} от нормы.

Как видно на рис. 2 тенденция к уменьшению аэрозольной мутности над Москвой отмечается уже с 1987 года, что совпадает со спадом промышленного производства в Москве. Увеличение τ_{a,λ_0} в 1991 году связано с извержением

вулкана Пинатубо. К 1994 году произошло полное очищение стратосферы от вулканического аэрозоля и в дальнейшем периоде не было значительных вулканических извержений, влияющих на глобальное загрязнение атмосферы. Период 1994-2001 гг. самый «чистый» за все годы наблюдений, τ_{a,λ_0} во все месяцы года ниже соответствующих средних значений τ_{a,λ_0} за весь период наблюдений 1955-2004 гг. (рис. 3).

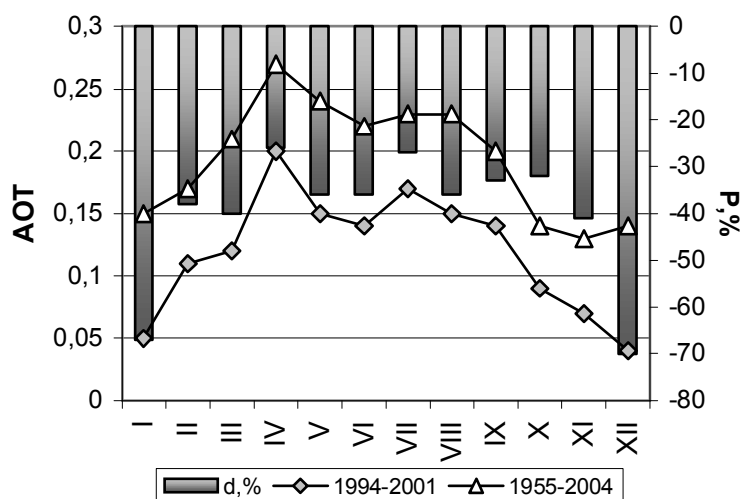


Рис.3. Годовой ход средних месячных значений τ_{a,λ_0} , d%-отклонение средних многолетних месячных значений τ_{a,λ_0} от нормы.

С 1994 года в Москве по данным МОМГУ наблюдается стабильное уменьшение аэрозольной мутности атмосферы. Средние годовые значения τ_{a,λ_0} в последние годы минимальны за весь период наблюдения и ниже нормы на 40%. По данным наблюдений с 1955 до 2004 года отмечается тенденция к уменьшению аэрозольной мутности атмосферы - значимый отрицательный тренд зимой, летом и за год.

Оценить влияние Москвы на аэрозольную мутность атмосферы возможно сравнивая данные τ_{a,λ_0} в городе и пригороде. До 1987 года такие сравнения проводились с данными τ_{a,λ_0} станции Подмосковная. В течение всего года τ_{a,λ_0} в Москве превышала соответствующие значения τ_{a,λ_0} на станции Подмосковная (от 9% в июле до 31% в декабре), при общей синхронности изменения средних сезонных и годовых значений τ_{a,λ_0} в городе и пригороде, в Москве тенденция к увеличению аэрозольной мутности была выражена сильнее [Абакумова, Ярхо, 1994]. Но, к сожалению, актинометрические данные, по которым возможно рассчитать τ_{a,λ_0} . доступны только до 1987 года.

При сопоставлении данных, осредненных за период 1994-2001 гг. в Москве, с данными станции Подмосковная за период 1955-1987 гг. оказалось, что аэрозольная мутность в Москве в последние годы даже ниже, чем на станции Подмосковная за период наблюдений 1955-1987 гг. [Горбаренко, Метеорология и гидрология, 2003]. Сравнение АОТ в пунктах с различной антропогенной нагрузкой в разных регионах России, сделанное в работе [Горбаренко и соавт. Метеорология и гидрология, 2006], показало что разница в аэрозольной мутности атмосферы городов и пригородов в последние годы значительно уменьшилась.

Существенное уменьшение аэрозольной мутности атмосферы в конце XX века в Москве связано как с отсутствием значительных вулканических извержений в этот период, так и с сокращением антропогенных выбросов в связи со спадом промышленного производства в Москве. Данный процесс имеет глобальный характер. В северном полушарии в последние десятилетия произошло существенное сокращение промышленных выбросов, прежде всего в результате резкого снижения промышленной деятельности в странах бывшего СССР [Горбаренко и соавт., 2006; Махоткина и соавт., 2005; Русина, Радионов, 2002; Тарасова, Ярхо, 1991; Okulov, 2003].

Литература

1. Абакумова Г.М., Евневич Е.В., Никольская Н.П. Влияние города на прозрачность атмосферы. Под ред. М.А.Петросянца. М., изд-во МГУ, 1983, 96 с.
2. Абакумова Г.М., Ярхо Е.В. Изменения аэрозольной оптической толщины атмосферы в Москве за последние 37 лет. // Метеорология и гидрология, 1992, №11, с.107-113.
3. Абакумова Г.М., Ярхо Е.В. Оценка влияния вулкана Пинатубо на солнечную радиацию и прозрачность атмосферы по данным наземных измерений в г.Москве. // Известия АН. Физика атмосферы и океана, 1994, Т. 30, №3, с.405-410.
4. Абакумова Г.М., Горбаренко Е.В., Незваль Е.И., Шиловцева О.А. Влияние дымной мглы на прозрачность атмосферы, солнечную радиацию и естественную освещённость в Москве в 2002 г. // Метеорология и гидрология, 2005, №4, с.18-29.
5. Горбаренко Е.В. Аэрозольная составляющая оптической толщины атмосферы как характеристика антропогенного загрязнения воздуха над промышленными центрами.// Метеорология и гидрология, 1997, №3, с.12-18.
6. Горбаренко Е.В. Пространственно-временная изменчивость аэрозольной составляющей оптической толщины атмосферы на территории СССР. // Метеорология и гидрология, 1997, №5, с.36-44.

7. Горбаренко Е.В. Аэрозольная мутность атмосферы в Москве в конце XX века. // Метеорология и гидрология, 2003, №7, с.13-18.
8. Горбаренко Е.В., Ерёмкина И.Д., Роль осадков в процессе очищения атмосферы от аэрозоля. // Оптика атмосферы и океана. Томск, 1998, вып.11, №5, с.15-23.
9. Горбаренко Е.В. , Ерохина А.Е. Лукин А.Б. Многолетние изменения аэрозольной оптической толщины атмосферы в России. // Метеорология и гидрология, 2006, №7, с.41-48
10. Махоткина Е.Л., Лукин А.Б., Плахина И.Н. Некоторые особенности изменения мутности атмосферы на территории России в последней четверти XX века. // Метеорология и гидрология , 2005, №1, с.28-36
11. Русина Е.Н., Радионов В.Ф. Оценка “доиндустриальной” оптической толщины атмосферы при полярной дымке в Арктике и современного вклада антропогенных выбросов. // Метеорология и гидрология, 2002, №5, с.35-39
12. Тарасова Т.А., Ярхо Е.В. Определение аэрозольной оптической толщины атмосферы по наземным измерениям интегральной солнечной радиации. // Метеорология и гидрология, 1991, №12, с.66-71.
13. Okulov O. Variability of atmospheric transparency and precipitable water in Estonia during last decades. Tartu, Tartu university press, 2003, 79 pp
14. Terez E.I. and Terez G.A. Investigation of atmospheric transmission in the Crimea (Ukraine) in the twentieth century. // J.Appl.Meteorol. 2002, Vol.41, p.1060-1063.

КАЧЕСТВО АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

Семутникова Е.Г., Захарова П.В., Лезина Е.А.

Государственное природоохранное учреждение «Мосэкомониторинг»

info@mosecom.ru

Стратегия получения информации о качестве атмосферного воздуха в Москве для оценки его воздействия на здоровье населения. Основные результаты мониторинга

Введение

Термин «мониторинг» впервые появился в рекомендациях специальной комиссии СКОПЕ (научный комитет по проблемам окружающей среды) при ЮНЕСКО в 1971 году, а в 1972 году были сформированы первые предложения по Глобальной системе мониторинга окружающей среды для создания системы повторных целенаправленных наблюдений за элементами окружающей природной среды в пространстве и времени.

Сейчас на территории всех стран, которые заботятся о состоянии природных сред, созданы системы экологического мониторинга. Необходимость их создания объясняется следующим: экологический мониторинг позволяет вовремя увидеть проблему, определить целесообразность и приоритетность природоохранных мероприятий, и поэтому любая природоохранная деятельность начинается именно с анализа текущей ситуации. С другой стороны экологический мониторинг показывает, насколько эффективны те меры, которые принимаются для решения проблем.

В системе управления экологическими процессами типичным является тесная связь всех уровней управления со сбором, обработкой и оценкой информации о состоянии окружающей среды и объектов природы. В этой связи территории стран разделены на регионы контроля, совпадающие или несовпадающие с существующим административно-территориальным делением. Для таких регионов создаются специальные органы управления, которые разрабатывают критерии качества объектов окружающей среды в

зависимости от концентрации промышленных предприятий, численности населения, климатических условий, назначения объектов и пр.

Основной принцип контроля качества состояния окружающей среды - "сетевой", т.е. принцип, основанный на функционировании комплекса приборов измерения параметров окружающей среды, объединенных в посты и станции и составляющих информационную сеть с общим центром сбора и обработки информации и проводящих контроль в определенном регионе.

Для анализа причинно-следственных связей наблюдаемого загрязнения и управления качеством атмосферного воздуха требуется наличие трех основных элементов. Это данные о фактическом состоянии окружающей среды, т.е. данные экологического мониторинга, данные об объемах антропогенного воздействия, т.е. данные о выбросах, а также инструменты анализа и прогноза экологической ситуации, прежде всего, методы математического моделирования.

Схема создания системы мониторинга качества атмосферного воздуха

Первым этапом при планировании и создании системы мониторинга качества атмосферного воздуха является определение целей, которые данная система должна достичь. Цели мониторинга определяют требования к качеству получаемых данных, таких как точность измерений, разрешающая способность приборов, длительность измерений, количество станций и их размещение по территории, постоянство измерений от поста к посту и во времени, сравнимость данных с данными других систем мониторинга.

Цели мониторинга и требования к качеству данных являются основой построения системы мониторинга, которое включает в себя:

- выбор приоритетных загрязняющих веществ;
- оптимальную организацию сети постоянных постов наблюдения;
- разработку программ наблюдения на территориях, неохваченных постоянными постами наблюдения;
- выбор методов измерения;
- разработка требований к управлению данными и отчетными материалами.

Одной из приоритетных целей мониторинга качества атмосферного воздуха является оценка экспозиции населения. В качестве методических

документов, формулирующих требования к сети мониторинга, ориентированной на оценку экспозиции, могут использоваться соответствующие директивы ЕС и рекомендации ВОЗ.

С точки зрения оценки экспозиции можно выделить несколько основных принципов организации мониторинга:

Контроль веществ, приоритетных с точки зрения воздействия на здоровье.

Выбор приоритетных веществ – одна из главных задач, которая определяет эффективность работы системы в целом. При выборе перечня контролируемых параметров необходимо учитывать ряд факторов.

Во-первых, это перечень веществ, которые выбрасывают источники загрязнения (предприятия и автотранспорт) в атмосферу. Этот перечень достаточно широкий. Для отдельных крупных предприятий он может достигать нескольких сотен наименований. Для средних предприятий это 100-150 наименований.

Во-вторых, из этого перечня должны быть выбраны вещества, которые вносят существенный вклад в заболеваемость или представляют опасность для здоровья. В случае, если нет однозначно установленной связи между веществами и их негативным воздействием на здоровье, или отсутствуют отечественные систематические эпидемиологические исследования, то можно опираться на результаты многочисленных научных исследований в этой области и рекомендации ВОЗ.

Применение методов контроля, обеспечивающих достоверность оценки экспозиции.

В настоящее время существуют следующие разновидности методов контроля загрязняющих веществ в атмосфере: ручной отбор проб, автоматические, активные и пассивные пробоотборники с последующим лабораторным анализом проб и методы дистанционного контроля.

Для приоритетных загрязняющих веществ выбранные технологии измерений должны иметь такое разрешение по времени, которое соответствует времени негативного воздействия на здоровье: краткосрочные острые воздействия или долгосрочные хронические воздействия.

Наибольшим временным разрешением обладают оперативные автоматические анализаторы и методы дистанционного контроля. Эти методы позволяют получать данные с различным временным разрешением и могут

быть использованы для оценки средних значений, как с малыми, так и с большим интервалами осреднения. И таким образом получать долгосрочные и краткосрочные экспозиции.

В настоящее время на территории Москвы действуют две станции, использующие методы дистанционного контроля: контролируются параметры атмосферного воздуха над 3-м транспортным кольцом и Кутузовским проспектом и 28 постов, использующих автоматические анализаторы.

Накопительные измерительные методы, такие как активные и пассивные пробоотборники, ограничены в их временном разрешении и могут применяться для оценки продолжительной экспозиции, например суточная или недельная экспозиция. С другой стороны, их значительно более низкая стоимость по сравнению с автоматическими методами позволяет охватить большие площади. Это делает незаменимыми данные методы для контроля больших по площади территорий и картирования экологической обстановки. Также данные методы контроля позволяют проводить измерения концентраций загрязняющих веществ, которые невозможно измерить автоматически.

Выбор тех или иных методов контроля зависит также от расположения пункта наблюдения.

Важное значение на выбор приборов измерения оказывают их конструктивные и технологические особенности. Для получения достоверных данных необходимо минимальное влияние конструктивных и технологических особенностей измерительной техники на концентрации измеряемых примесей.

Для автоматических анализаторов и активных пробоотборников необходимо, чтобы концентрации примесей не изменялись в процессе прохождения воздухозаборника до инструментальной ячейки.

Учитывая, что для достоверности средних значений обязательным является обеспечение постоянства наблюдений, принципиальное значение имеет также надежность приборов.

В соответствии с требованиями ВОЗ для достоверности среднесуточных значений количество достоверных измерений должно быть не менее 75 % от общего числа измерений с более коротким периодом осреднения.

Для достоверности среднесезонных или среднегодовых значений количество данных с меньшим периодом осреднения должно быть не менее 50% за отчетный период.

Размещение постов мониторинга на территориях различного функционального назначения.

При создании сети мониторинга для целей оценки экспозиции населения необходимо учитывать следующие основные факторы:

- Где находится население
- Где расположены источники загрязнения
- В каких районах отмечается повышенный уровень загрязнения атмосферного воздуха

Практически, количество и распределение станций контроля качества атмосферного воздуха в различных схемах мониторинга так же зависит от пространственной изменчивости концентраций загрязняющих веществ.

Существует несколько подходов к размещению постов мониторинга:

- схема мониторинга в виде сетки.
- перемежающиеся стационарные посты и маршрутные наблюдения.

Такие схемы наблюдения не являются оптимальными и очень дороги в реализации.

В большинстве случаев в крупных городах на практике применяются гибкие подходы к созданию сетей атмосферного мониторинга. Такие подходы включают в себя постоянные посты мониторинга и территории периодического отбора проб, выбранные на основе известных данных о выбросах и рассеивании загрязняющих веществ.

Такой подход требует значительно меньшего числа станций, но существенно увеличивает требования к обоснованности мест их размещения. Для оценки значений концентрации веществ между станциями применяются модельные расчеты.

Для получения полной оценки экспозиции необходимо иметь широкий спектр типов зон наблюдения.

Директивами ЕС и нормативными документами ВОЗ рекомендованы следующие возможные виды классификации городских станций:

1. по типам зоны наблюдения: природная, жилая, торговая, промышленная.
2. по типам пунктов наблюдения: фоновый городской, промышленный автотранспортный.

Таким образом, можно выделить несколько основных факторов, определяющих местоположения станций мониторинга атмосферного воздуха:

- характеристики источников выбросов загрязняющих веществ. Информация об источниках выбросов помогает идентифицировать территории, где экспозиция населения может быть существенной. На территории Москвы расположено около 30000 организованных источников выбросов загрязняющих веществ. Техногенный потенциал города составляют объекты теплоэнергетики, нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности, металлургии, машиностроения, деревообрабатывающей, легкой промышленности. Площадь, занимаемая промышленно-производственными объектами составляет около 7,5 Га. Их распределение по территории города весьма хаотично. Как в Москве в целом, так и в округах до сих пор сохраняется исторически сложившаяся чересполосица функциональных зон: промышленных, жилых, рекреационных

Такая чересполосица функциональных зон оказывает существенное влияние на пространственную неоднородность экологической обстановки в городе.

Поэтому для рационального размещения постов мониторинга необходимо выделение «очагов загрязнения», где экспозиция может прогнозироваться как максимальная. Такими «очагами загрязнения» в частности являются территории, прилегающие к автотрассам.

Автотранспорт вносит основной вклад в загрязнение атмосферного воздуха в крупных городах. В Москве на загрязнение от выхлопных газов приходится около 83 % всех выбросов. Поэтому в сети «Мосэкомониторинг» значительная часть станций ориентирована на контроль автотранспортных выбросов.

На размещение постов мониторинга так же влияют свойства самих загрязняющих веществ. Это в основном связано с тем, входит ли вещество в состав первичных выбросов антропогенных источников, или образуется в результате вторичных химических или фотохимических реакций. Например, концентрации прямых выбросов автотранспорта, таких как оксид углерода максимальны вблизи автотрасс, а концентрации озона имеют достаточно высокую пространственную однородность, но могут быть повышены или понижены около автотрасс благодаря вторичным химическим реакциям.

Большая изменчивость концентраций первичных загрязняющих веществ, связанная с расположением источников, так же оказывает сильное влияние на требуемое количество станций.

Для определения «очагов загрязнения» могут быть использованы существующие данные о качестве воздуха, а также дополнительные источники информации:

- данные по метеорологии и топографии. Москва занимает территорию более тысячи квадратных километров. Погодные условия и рельеф местности оказывают сильное влияние на рассеивание примесей в атмосфере. Наиболее полно способность территорий к накоплению или рассеиванию загрязнения описывает интегральный показатель - метеорологический потенциал загрязнения атмосферы, учитывающий климатические условия, рельеф местности, застройку и др.

- результаты моделирования рассеивания примесей в атмосфере.

- результаты социально-гигиенического мониторинга, эпидемиологических исследований, статистическая информация, и.т.д.

Таким образом, с точки зрения оценки экспозиции возможные варианты расположения постов мониторинга включают в себя во-первых, пункты, расположенные в очаге загрязнения – промзоны (места работы населения) и автотрассы, где пребывает основная часть населения незначительное время при ежедневном следовании на работу.

И, во-вторых, основные места пребывания контрольных групп населения (пенсионеры, работающие, дети), к которым можно отнести:

1. Центр города. Экспозиция в офисной и торговой части города, куда стекается большинство населения в дневные часы будних дней.

2. Городской фон. Территории, расположенные в пределах города, но вне прямого влияния источников загрязнения.

3. Спальные районы. Экспозиция в местах пребывания основной части населения в вечернее и ночное время, также в местах пребывания детей в дневное время. Исходя из цели оценки загрязнения воздуха на здоровье населения, располагать пункты наблюдений также целесообразно в районах расположения медицинских учреждений либо детских садов, по которым имеется статистика заболеваемости по видам заболеваемости.

Для оценки уровня загрязнения воздуха с целью определения экспозиции населения используется сравнение наблюдаемых концентраций с предельно допустимыми концентрациями (ПДК), установленными в РФ, а также с концентрациями, которые рекомендует Всемирная организация здравоохранения в качестве безопасных с точки зрения воздействия на

здоровье. В России предельные допустимые концентрации установлены для периодов воздействия 30 минут и 1 сутки и действуют на всей территории Российской Федерации, распространяясь на атмосферный воздух городских и сельских поселений. Они используются при проектировании технологических процессов, оборудования и вентиляции, для санитарной охраны атмосферного воздуха, для профилактики неблагоприятного воздействия загрязняющих атмосферный воздух веществ на здоровье населения городских и сельских поселений.

Предельно допустимая концентрация (ПДК) загрязняющего вещества в атмосферном воздухе населенных мест - гигиенический норматив, утверждаемый постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации по рекомендации Комиссии по государственному санитарно-эпидемиологическому нормированию при Минздраве России.

ПДК загрязняющего вещества в атмосферном воздухе - концентрация, не оказывающая в течение всей жизни прямого или косвенного неблагоприятного действия на настоящее или будущие поколения, не снижающая работоспособности человека, не ухудшающая его самочувствия и санитарно-бытовых условий жизни.

Максимальная разовая концентрация ПДК (ПДК_{мр}) устанавливается на основе рефлекторного воздействия. С целью предупреждения развития резорбтивного действия устанавливается среднесуточная ПДК (ПДК_{с.с.}). В табл.1. представлено сравнение предельно допустимых концентраций в РФ и критериев качества атмосферного воздуха в ЕС и ВОЗ.

Таблица 1. Предельно допустимы концентрации основных загрязняющих веществ в РФ и критерии качества атмосферного воздуха в ЕС, США и ВОЗ, мкг/м³

Загрязняющее вещество	Время осреднения	Россия	ВОЗ	США	ЕС
СО	15 мин		100		
	30 мин	5	60		
	1 час		30	40	
	8 час		10	10	10
	24 час	3	-		
NO ₂	30 мин	200			
	1 час		200		200. Не должна быть превышена более чем 18 раз за год
	24 час	400			125. Не должна быть превышена более чем 3 раза за год.
	Среднегодовая		40	10	40
O ₃	30 мин	160			
	1 час			235	
	8 час		12	157	

Загрязняющее вещество	Время осреднения	Россия	ВОЗ	США	ЕС
SO ₂	24 час	30			
	10 мин		500		
	30 мин	500			
	1 час				350. Не должна быть превышена более чем 24 раз за год
	24 час	50	125	365	125. Не должна быть превышена более чем 3 раза за год
	Среднегодовая		50	80	20
PM ₁₀	30. мин				
	24 час			150	50. Не должна быть превышена более чем 7 раз за год
	Среднегодовая			50	40
Бензол	30 мин	300		-	
	24 час	100		-	
	Среднегодовая				5

Установленные в России ПДК для кратковременных и длительных воздействий для оксида углерода, диоксида серы строже стандартов качества воздуха, рекомендованных ВОЗ и установленных директивами стран ЕС, но значительно ниже ПДК канцерогенного бензола.

Московская система мониторинга качества атмосферного воздуха

Московская система мониторинга атмосферного воздуха начала создаваться в 1996г. по решению Правительства Москвы. В соответствии с законом данные мониторинга используются при градостроительном планировании, подготовке проектной и предпроектной документации, планировании хозяйственно-транспортного комплекса, разработке природоохранных мероприятий, создании озелененных территорий, проведении оценки воздействия на окружающую среду, моделировании загрязнения окружающей среды, для оценки воздействия загрязнения окружающей среды на здоровье людей и т.д.

Система мониторинга качества атмосферного воздуха в Москве не является неизменной. Она непрерывно развивается и совершенствуется совместно с развитием города, оперативно реагируя на изменения в градостроительной, промышленной, автотранспортной политике московского Правительства и потребностей москвичей, появляются новые станции контроля, начинают контролироваться новые загрязняющие вещества. Например, реализация программы «Высотное кольцо Москвы» потребовало

создания многоуровневого поста наблюдения, который размещен на Останкинской телебашни.

При планировании сети были учтены особенности расположения источников загрязнения атмосферного воздуха, а также особенности территории, которые формируют предрасположенность территории к накоплению загрязнения на приземном уровне. Таким образом, в Москве созданы и функционирует система мониторинга качества атмосферного воздуха, которая дает полное представление о диапазоне изменчивости загрязнения по территории города.

Мониторинг атмосферного воздуха представляет собой процесс, который включает в себя непрерывный контроль содержания наиболее значимых загрязняющих веществ по территории города, ежедневное экологическое обследование отдельных территорий по запросам жителей, оперативную обработку данных с использованием современных информационных технологий и регулярное информирование органов исполнительной власти, санитарно-эпидемиологических служб и населения о состоянии атмосферного воздуха. В рамках обмена информацией по электронным каналам связи производится взаимодействие с такими организациями как ГУ ГО ЧС (данные о техногенных катастрофах связанных с загрязнением окружающей среды), Министерством здравоохранения (статистика заболеваемости), МосНПО «Радон» (данные радиационного мониторинга). Кроме того, данные экологического мониторинга поступают в средства массовой информации, органы местного самоуправления, научно-исследовательские учреждения и т.д.

В тоже время активно ведутся работы по расширению участников информационного взаимодействия. В городе существует целевая программа «Электронная Москва», в рамках которой, создаются и развиваются городские информационные ресурсы, в том числе и связанные с экологическим мониторингом.

Основу системы мониторинга качества атмосферного воздуха в Москве составляет сеть автоматических станций контроля загрязнения атмосферы (АСКЗА) (рис. 1.). Информация об уровне загрязнения атмосферного воздуха поступает с 30 автоматических станций контроля загрязнения атмосферы (еще 9 находятся в стадии опытной эксплуатации или монтажа). Автоматические станции контроля загрязнения атмосферы расположены во всех функциональных зонах города, начиная от чистых, фоновых территорий

природных парков, и заканчивая городскими «очагами» загрязнения – автотрассами (табл.1.2. и рис. 1.2). На автоматических станциях контроля загрязнения атмосферы круглосуточно, в непрерывном режиме, измеряются средние двадцати минутные концентрации 23 химических веществ (21 загрязняющее вещество контролируется в соответствии с рекомендациями Всемирной организации здравоохранения, а также углекислый газ и кислород) и метеорологические параметры, определяющие условия рассеивания примесей в атмосфере (скорость и направление ветра, температура, давление, влажность, вертикальная компонента скорости ветра) (табл.1.3). С Останкинской телебашни поступают данные о профиле температуры и ветра, главных метеорологических характеристиках, от которых зависит накапливается загрязнение в приземном слое воздуха или интенсивно рассеивается.

Таблица 2. Количество АСКЗА, контролирующих качество атмосферного воздуха в различных функциональных зон города Москвы

Функциональная зона	Описание	Число станций
Вблизи магистралей	Территория, находящаяся под непосредственным влиянием транспортных магистралей. Место для взятия проб в пределах 1-5 м от дороги с интенсивным движением	7
Смешанный тип территории	Расположение в пределах города, на территории, находящейся под влиянием, как автотранспорта, так и промышленных источников загрязнения.	7
Жилые территории	Расположение на территории жилого района на удалении от антропогенных источников загрязнения	14
Городской фон	Расположение в пределах города вдали от источников загрязнения, что позволяет получать достаточно репрезентативную информацию об общегородском фоне.	2

Таблица 3. Перечень контролируемых загрязняющих веществ на АСКЗА ГПУ «Мосэкомониторинг»

Контролируемый параметр	Класс опасности	Количество станций
СО – оксид углерода	4	26
NO ₂ – диоксид азота	2	21
NO – оксид азота	3	19
NH ₃ – аммиак	4	1
SO ₂ – диоксид серы	3	5
H ₂ S – сероводород		1
O ₃ – озон	1	6
PM ₁₀ – взвешенные веществ	-	8

Контролируемый параметр	Класс опасности	Количество станций
с размерами менее 10мкм		
Бензол	2	2
Толуол	3	2
Формальдегид	2	2
Фенол	2	2
Стирол	2	2
Нафталин	4	2
Метаксилол		2
Параксилол	3	2
Этилбензол	3	2
Азотистая кислота		2
СН _x – углеводороды	-	8
СН ₄ – метан	-	3
СН- - неметановые углеводороды	-	3
О ₂ - кислород	-	2
СО ₂ – углекислый газ	-	3



Рис.1. Автоматическая станция контроля загрязнения атмосферы ГПУ «Мосэкомониторинг»

Данные о состоянии атмосферного воздуха передаются по каналам сотовой связи в единый информационно-аналитический центр, функции которого выполняет ГПУ «Мосэкомониторинг». В информационно-аналитическом центре осуществляется хранение, анализ и обработка данных мониторинга.

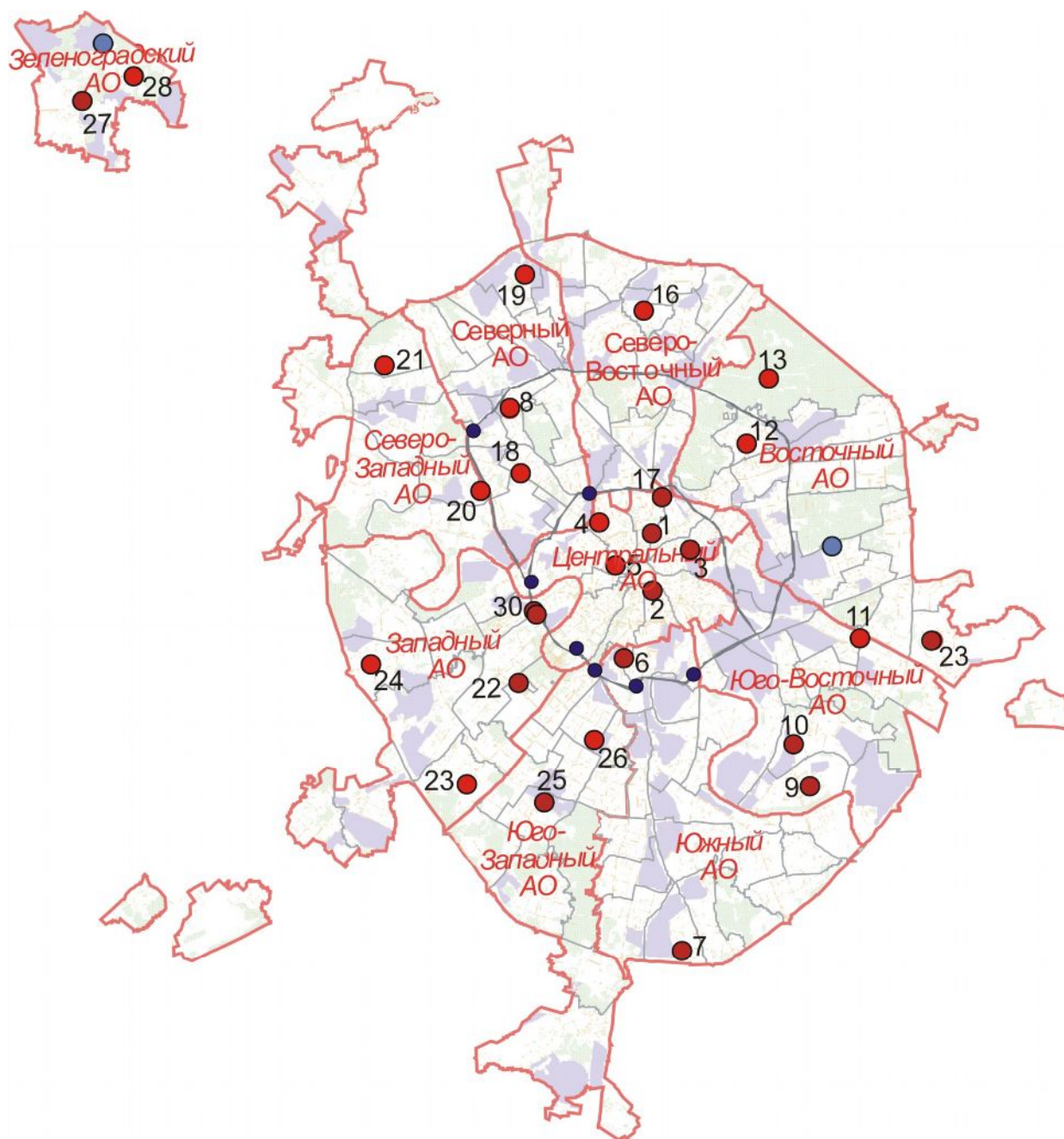


Рис.2 Схема расположения действующих в 2006 г. и вводимых в эксплуатацию автоматических станций контроля загрязнения атмосферы

В 2006 на Останкинской телебашни был организован трехуровневый пункт контроля загрязнения атмосферного воздуха, который позволяет получать данные о зависимости уровня загрязнения воздуха от высоты при различных метеорологических условиях. На высотах 50м, 150м и 350м установлена аппаратура, контролирующая в автоматическом режиме к приоритетные загрязняющие вещества: озон, оксид углерода, углекислый газ и оксиды азота. Организован мониторинга распределения метеорологических параметров с высотой с помощью двух содаров и профилемера, давая возможность определять вертикальный профиль температуры и ветра в

различных точках Москвы. В 2006 году расширен перечень станций, контролирующих в воздухе содержание мелких взвешенных частиц (PM₁₀), суммарных углеводородов, сероводорода, диоксида серы.

По количеству автоматических постов контроля качества воздуха, принципам их размещения, методам и периодичности измерений автоматическая система контроля качества воздуха удовлетворяет требованиям директив ЕС.

Одним из важных направлений по оценке качества атмосферного воздуха в Москве являются работы по обеспечению качества данных. Деятельность по обеспечению качества включает в себя обеспечение качества измерений - сертификацию, калибровку, техобслуживание оборудования и ежедневный контроль качества данных и ежегодную ратификацию данных.

Итогом деятельности по обеспечению качества данных является соблюдение критериев по точности и достоверности данных и оценок, полученных с использованием первичных данных. В табл. 4 представлены такие критерии.

Таблица 4. Критерии качества оценок

Наименование оценки	Требования ЕС к объему данных	Реальное количество измерений
Среднее за час	Не менее 75% данных с более коротким периодом осреднения	CO-3600 NOx-225 PM-10-3600 CHx-300 SO2-300
Среднее значение за сутки	Не менее 50% достоверных данных с более коротким периодом осреднения	CO-86400 NOx-5400 PM-10-86400 CHx-7200 SO2-7200
Среднее значение за сезон	Не менее 50% достоверных данных с более коротким периодом осреднения	CO-7776000 NOx-486000 PM-107776000 CHx-27000 SO2-27000
Среднегодовое значение	Не менее 50% достоверных данных с более коротким периодом осреднения. Для CO и NO ₂ необходимо наличие достоверных данных за зимний и летний периоды; Для озона необходимо наличие достоверных данных за летний период; Для PM ₁₀ необходимо наличие достоверных данных за зимний период	CO-31536000 NOx-1971000 PM-1031536000 CHx-2628000 SO2-2628000

Дополнительные источники данных о качестве атмосферного воздуха в Москве

Дополнительными источниками информации о качестве атмосферного воздуха являются передвижная экологическая лаборатория ГПУ «Мосэкомониторинг» и аналитическая лаборатория Департамента природопользования и охраны окружающей среды города Москвы.

Территории, не охваченные стационарными постами, но по которым поступают жалобы населения, обследуются по специально согласованным с префектурами программам с использованием возможностей передвижной лаборатории (рис.3.), которая может работать и как стационарный пост, и проводить измерения в движении, что важно при исследовании уровня загрязнения в эпицентрах транспортных потоков.

Приборное оснащение лабораторий позволяет измерять содержание в воздухе основных загрязняющих веществ: оксида углерода, оксида и диоксида азота, углеводородов, метана, озона и диоксида серы. Метеокомплекс лаборатории обеспечивает связь данных о загрязнении воздуха с метеорологическими параметрами: скоростью и направлением ветра, что особенно важно при выявлении виновника загрязнения воздуха. Передвижная лаборатория проводит измерения как в автоматическом режиме, так и осуществляют отбор проб на специфические загрязняющие вещества для проведения анализов в аналитической лаборатории Департамента природопользования и охраны окружающей среды города Москвы.



Рис. 3. Передвижная экологическая лаборатория

Также используются возможности Аналитической лаборатории Департамента, когда необходимо исследовать уровень загрязнения воздуха по веществам, которые нельзя измерить автоматически.

Для получения трехмерной картины распределения загрязнения в воздухе и для прогнозных оценок загрязнения в учреждении используются расчетные модели.

Используемый спектр моделей позволяет рассчитывать загрязнения от источников различного типа, учитывать при этом застройку, характеристики подстилающей поверхности города. Расчеты проводятся как оперативные, с учетом текущей метеоинформации, так и при осреднении за любой период времени. Все модели физически содержательны, адаптированы для Москвы и верифицированы по данным измерений.

Помимо систем мониторинга созданы и адаптированы для Москвы необходимые расчетные методы анализа (моделирование) и ГИС-технологии. Создана Экологическая карта города Москвы, объединяющая карты природных условий, распределения воздействий и распределения загрязнений.

Действующая система мониторинга качества атмосферного воздуха в Москве позволяет достигать следующие цели мониторинг:

Цели мониторинга	Анализ эффективности достижения цели (+/-)
Контроль за соблюдением государственных и международных стандартов	+
Информирование общественности о качестве атмосферного воздуха и развертывание систем предупреждения о резком повышении уровня загрязнения	+
Получение объективных исходных данных, на основании которых обеспечивается управление качеством атмосферного воздуха и планирование систем	+
Определение экспозиции населения и проведение оценки воздействия на здоровье	+
Выявление источников загрязнения и долевого распределения из вкладов	-+
Выявление факторов, угрожающих природным экосистемам	+-
Создание и оценка применимости расчетных моделей географических информационных систем	+
Статистический прогноз загрязнения	+
Разработка политики и постановка	+

Цели мониторинга	Анализ эффективности достижения цели (+/-)
приоритетных задач в области управления	

Основные результаты мониторинга качества атмосферного воздуха в Москве

Анализ данных последних лет о содержании загрязняющих веществ в атмосферном воздухе показывает большую пространственную и временную неоднородность загрязнения на территории Москвы.

Увеличение содержания загрязняющих веществ и превышения ПДК наблюдается только при неблагоприятных метеорологических условиях, способствующих накоплению загрязняющих веществ в атмосфере.

Практически постоянный высокий уровень загрязнения воздуха вне зависимости от погодных условий наблюдается вблизи крупных автотранспортных магистралей. Однако загрязнение прилегающих к автотрассам территорий носит локальный характер и практически всегда ограничивается первой линией застройки. На не подверженных влиянию автотрасс территориях даже в периоды, когда метеоусловия способствуют увеличению загрязнения, на большинстве территорий жилых микрорайонов значения увеличиваются незначительно.

Сегодня для Москвы проблему представляют оксиды азота, являющиеся продуктами горения любого вида топлива. Повторяемость повышенных значений оксидов азота составляет 70-90% на территориях, подверженных воздействию выбросов автотранспорта, и 30% - на удаленных от автотрасс городских территориях.

По данным экологического мониторинга в 2005 году качество воздуха в целом по городу сохранилось на уровне 2004 года. Комплексный показатель загрязнения атмосферы (ИЗА), рассчитываемый по 5 приоритетным для города загрязняющим веществам (оксид углерода, диоксид азота, оксид азота, озон и формальдегид) составил 6,1, в 2004 году – 6,2, что характеризует уровень загрязнения воздуха как повышенный.

По сравнению с 2004 годом отмечено на 17 % больше дней с низким загрязнением воздуха (119 дней), на 11 % меньше отмечено дней с повышенным загрязнением воздуха (159 день). На рисунке 4 представлен индекс загрязнения атмосферы.

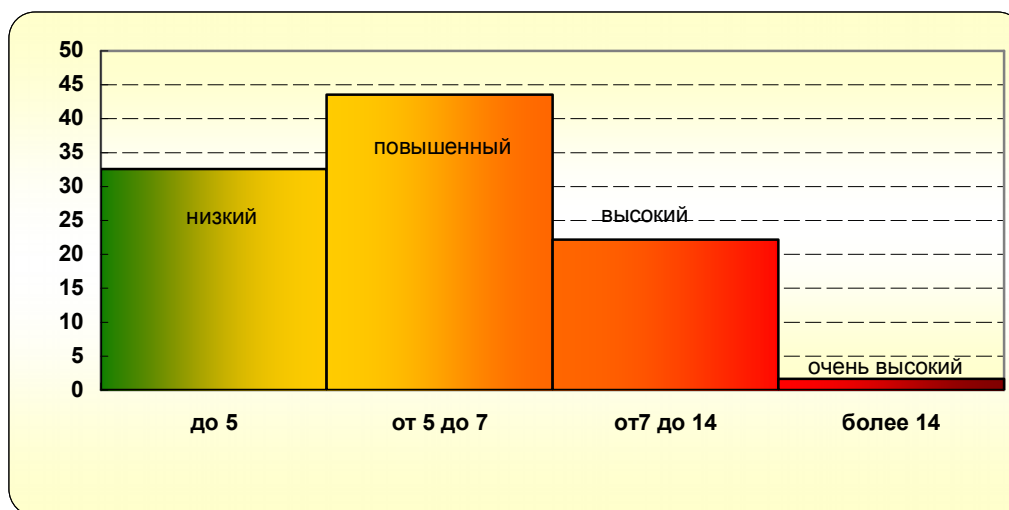


Рис.4. Индекс загрязнения атмосферы

Максимумы загрязнения отмечались в феврале, апреле, сентябре и октябре 2005 года, что объясняется ухудшением рассеивания примесей в атмосфере, связанным с метеорологическими условиями и дополнительным негативным воздействием лесных пожаров в Подмоскowie в осенний период.

Таблица 5. Среднегодовые концентрации загрязняющих веществ в 2005 году

Концентрации загрязняющих веществ (в долях ПДКсс).		
Загрязняющее вещество	Среднее значение, мкг/м ³	Среднее значение в долях ПДКсс
Оксид углерода (CO), мг/м ³	1,0	0,3
Диоксид азота (NO ₂)	44	1,1
Оксид азота (NO)	49	0,7
Углеводороды (мг/м ³)	1760	Нет норматива
Диоксид серы (SO ₂)	7	0,1
Сероводород (H ₂ S)	4	Нет норматива
PM ₁₀ (мг/м ³)	34	Нет норматива
Озон (O ₃)	22	0,7
Формальдегид	10	3,2
Бензол	6	0,1
Толуол	13	Менее 0,1
Параксилол	5	Менее 0,1
Фенол	1	0,3
Стирол	2	0,8
Метаксилол	16	0,1
Этилбензол	6	0,3

Загрязнение воздуха на территории Москвы неоднородно. Очагами загрязнения являются автотрассы и прилегающие к ним территории. На жилых территориях содержание загрязняющих веществ на 15-30%% ниже, чем в центре Москвы, и на 30-50%%, чем вблизи автотрасс. По составу загрязняющих веществ на жилых территориях в 2005 году отмечались превышения установленных нормативов только по диоксиду азота, на примагистральных – по диоксиду азота, оксиду азота, формальдегиду. На автотрассах уровень загрязнения воздух характеризуется как высокий (ИЗА – 7,1). Жилые территории и территории, находящиеся под воздействием промышленных предприятий, характеризуются повышенным уровнем загрязнения атмосферного воздуха (ИЗА 5,6 и 5,8 соответственно). В табл. 6 приведены среднегодовые концентрации приоритетных загрязняющих веществ в атмосферном воздухе на различных территориях города.

Таблица 6. Концентрации загрязняющих веществ на различных территориях города

Загрязняющие вещества	Среднегодовые концентрации, в долях ПДК _{СС}			
	Примагистральные территории	Центральная часть города	"Спальные" районы	Средняя по Москве
Оксид углерода	0,45	0,4	0,27	0,3
Диоксид азота	1,35	0,97	0,95	1,1
Оксид азота	1,2	0,75	0,67	0,7
ИЗА ₅	7,1	5,8	5,6	6,1

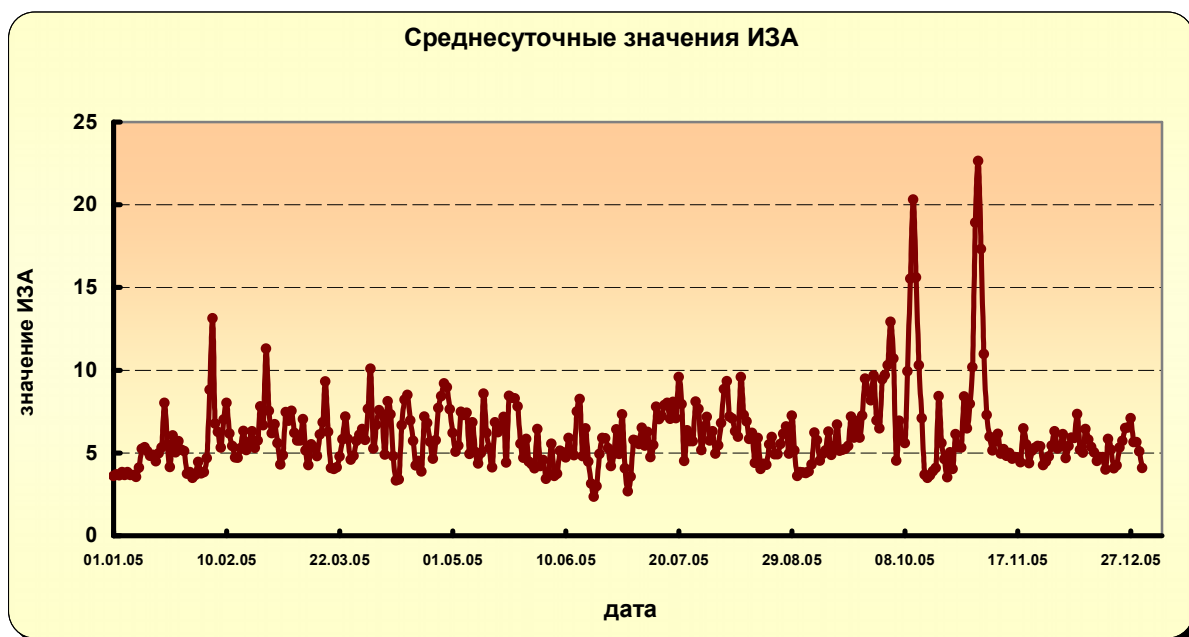


Рис.5. Среднесуточные значения индекса загрязнения атмосферы в целом по городу

Максимальные значения индекса загрязнения атмосферы отмечались 05.02.2006, когда ИЗА составил 13,1, 11.10.2006 и 03.11.2006. В эти дни уровень загрязнения воздуха оценивался как очень высокий, ИЗА достигал 20,3 и 22,6 соответственно, что связано не только с неблагоприятными метеорологическими условиями, но и с дополнительным вкладом в загрязнение воздуха от лесных пожаров в Подмосковье.

На рис.6 представлена динамика изменения уровня загрязнения воздуха оксидом углерода на различных территориях города. Несмотря на устойчивый рост автомобильного парка города, содержание оксида углерода стабилизировалось, а на отдельных территориях отмечены тенденции к его снижению. Загрязнение воздуха оксидом углерода за период с 2001 года по 2005 год снизилось в жилых кварталах на периферии города в 1,2 раза.

Проблема высокого загрязнения воздуха оксидами азота остается для Москвы актуальной. На автотрассах за последние 5 лет среднегодовые значения концентраций диоксида азота стабилизировались на значении 0,05-0,06 мг/м³.

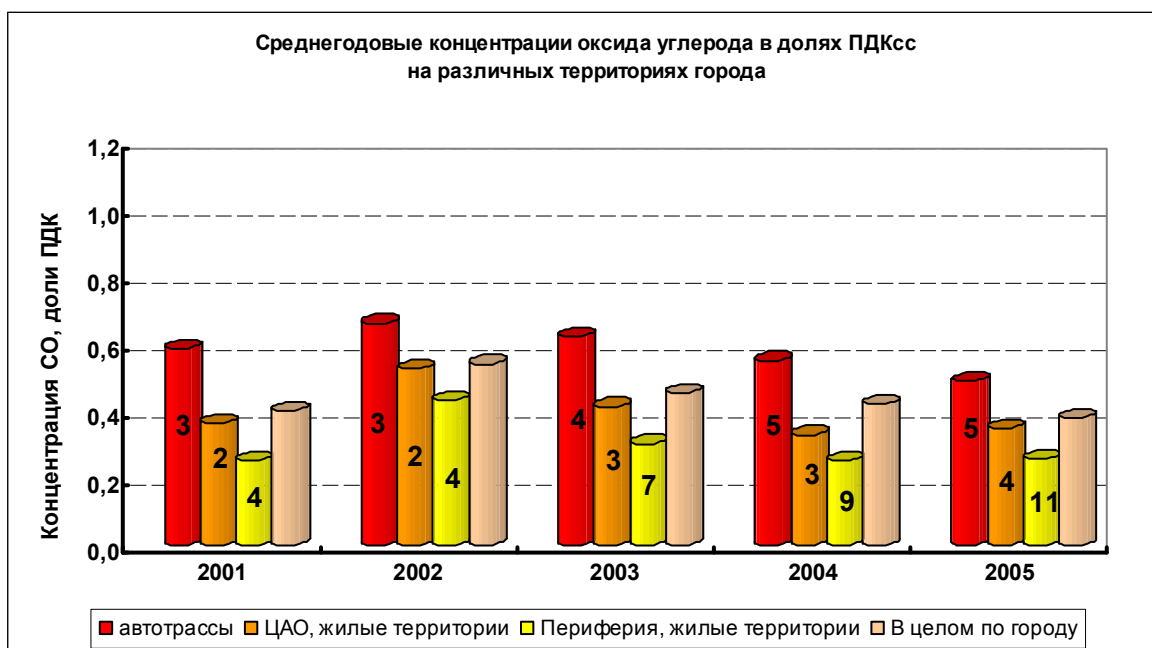


Рис.6. Динамика изменения концентраций оксида углерода

Ежегодный рост парка автомобилей компенсируется возрастанием доли автотранспортных средств с улучшенными экологическими показателями в структуре транспортного потока (Рис.7). На жилых территориях отмечается тенденция к снижению среднегодовых концентраций диоксида азота. Незначительное увеличение содержания в воздухе диоксида азота в 2005 году объясняется периодом задымления от лесо-торфяных пожаров в осенний период.

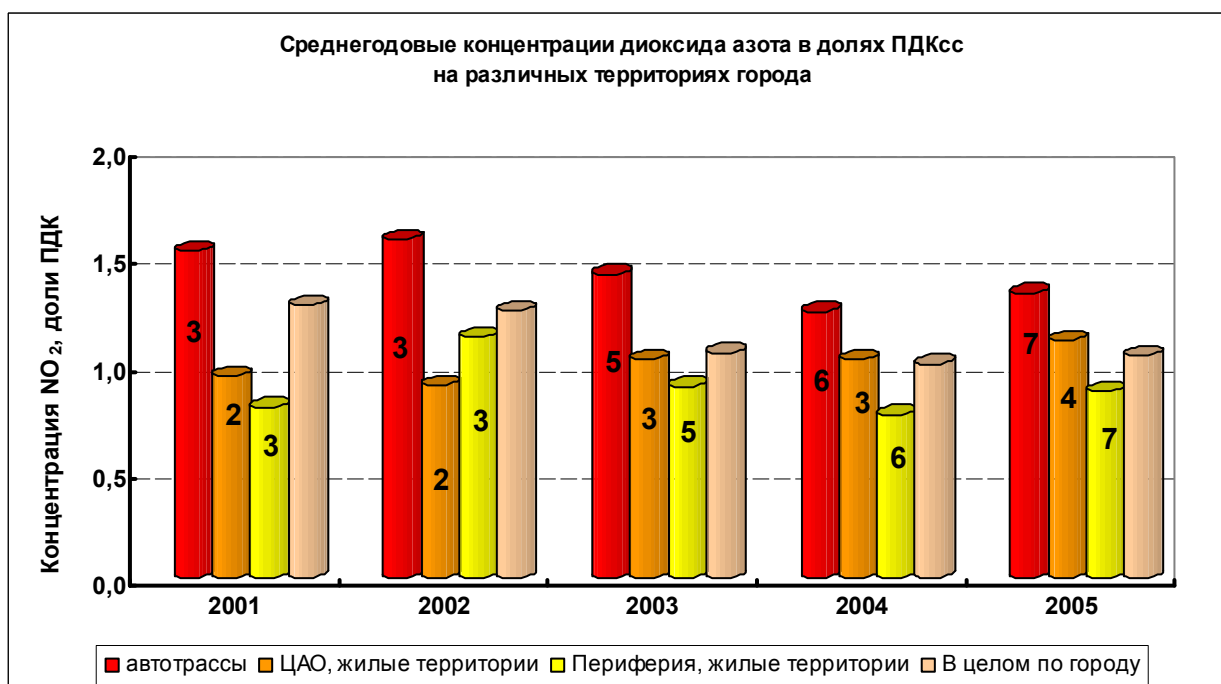


Рис.7. Динамика изменения концентраций диоксида азота

В целом, в 2005 году возросли концентрации оксидов азота (диоксида азота на 15 %, оксида азота на 6 %), суммарных углеводородов (на 12 %), озона (5 %), диоксида серы (20 %). Снизилось содержание в воздухе оксида углерода (на 15 %), стирола (30 %), РМ₁₀ (11 %), незначительно уменьшились концентрации формальдегида (5 %).

Литература

1. Берлянд М.Е. Атмосферная диффузия и загрязнение воздуха. // Сб.ст. Л., Гидрометеиздат, 1975.
2. Бримблкумб П. Состав и химия атмосферы. М., Мир, 1988, 351с.
3. ГН 2.1.6.1338-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест
4. Горчаков Г.И., Семутникова Е.Г., Зоткин Е.В., Карпов А.В., Лезина Е.А., Ульяненко А.В. Вариации газовых компонент загрязнения в воздушном бассейне г.Москвы. // Известия РАН. Физика атмосферы и океана, 2006, Т. 42, № 2, с.1-15
5. Доклад о состоянии окружающей среды в Москве за 2000-2001 годы, НИИПИ ЭГ, М., 2002, 84 с.
6. Исаев А.А. Экологическая климатология. М., Научный мир, 2001, 456 с.
7. Исидоров В.А. Химия атмосферы. СПб, Химиздат, 2001, 351с.
8. Ландсберг Г.Е. Климат города. Л., Гидрометеиздат, 1983
9. Мониторинг качества атмосферного воздуха для оценки воздействия на здоровье человека. // Региональные публикации ВОЗ, Европейская серия, №85, 2001, 293с.
10. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. РД 52.04.186-89. Гос. комитет СССР по гидрометеорологии, Минздрав СССР. М., 1991
11. Семутникова Е.Г., Горчаков Г.И., Волох А.А., Лезина Е.А. и др. Органические соединения как фактор загрязнения воздушного бассейна Москвы. Состояние и охрана воздушного бассейна и водно-минеральных ресурсов курортно-рекреационных регионов. Кисловодск, 2003, с.34-35
12. Справочник эколого-климатических характеристик г.Москвы (по наблюдениям Метеорологической обсерватории МГУ).Т.1. Под ред. проф. А.А.Исаева. М., Изд-во МГУ, 2003, 304 с.
13. Уорк, Уорнер. Загрязнения воздуха. Источники и контроль. М., Мир, 1980, 539 с.
14. Экологический атлас Москвы. АБФ/ABF. М, 2000, 93 с.
15. Air Quality Guidelines for Europe. // WHO Regional Publications, European Series, №. 91, 273 p.

ЗДОРОВЬЕ МОСКВИЧЕЙ

Харькова Т.Л., Кваша Е.А.

Центр демографии и экологии человека Института народнохозяйственного прогнозирования РАН, Москва
kharkova@mail.ecfor.rssi.ru

Место Москвы на карте смертности России

Последние сорок лет в России растет уровень смертности взрослого населения. Снижение смертности 1985-1989 гг. и последовавшие за ним некоторые периодические колебания не изменили общей тенденции. Рост смертности происходит в условиях значительного социального неравенства перед лицом смерти, но в течение всего периода роста смертности этот процесс шел синхронно почти во всех регионах страны.

На фоне общероссийской тенденции роста смертности, особенно в последние пятнадцать лет, ситуация в Москве выглядит более благоприятной. Как показали расчеты, выполненные с учетом результатов переписи населения 2002 г., ожидаемая продолжительность жизни при рождении (ОПЖ) в Москве существенно снизившись к 1994 г., затем увеличилась вплоть до 1998 г., после которого стала вновь снижаться, хотя период этот был непродолжительным, и с 2002 г. стал опять отмечаться рост и уже к 2003 г. ОПЖ была выше, чем в 1990 г.

К 2004 г. разрыв в продолжительности жизни при рождении между мужчинами, проживающими в Москве и в России, составил 7 лет, а для женщин эта разница была – 3,4 года (Рис.1). Если в 2004 г. уровень продолжительности жизни мужчин в Москве можно отнести к группе с ее наивысшем уровнем, то по женщинам это не так (Рис.2).



Рис.1. Динамика продолжительности жизни в России и Москве в конце XX в. и начале XXIв.

Что же касается тенденций продолжительности жизни лиц в возрасте 15 лет, то после 1994 г. и, особенно, в 1998-2005 г., то они в Москве также принципиально отличаются от тенденций в остальной части России. В то время как продолжительность жизни мужчин в возрасте 15 лет в Москве выросла на 1,5 года, в остальной России она снизилась на 3,3 года. В результате разной направленности изменений смертности взрослых мужчин, их продолжительность жизни в возрасте 15 лет в Москве на 8,2 года выше, чем в остальной части России, в то время как в период до 1998 г. этот разрыв был не более 2,5 лет.

На фоне роста на протяжении последних десятилетий смертности взрослого населения в России динамика уровня младенческой смертности выглядит отрадно: в течение последних лет отмечается устойчивая тенденция к ее снижению. В Москве, как и в России в целом, в последние 15 лет младенческая смертность имеет явную динамику к снижению (при этом за эти годы были краткие периоды ее роста). С 1990 г. по 2005 г. коэффициент младенческой смертности снизился в Москве почти в 2 раза (16,8‰ и 9‰) (Рис.3).

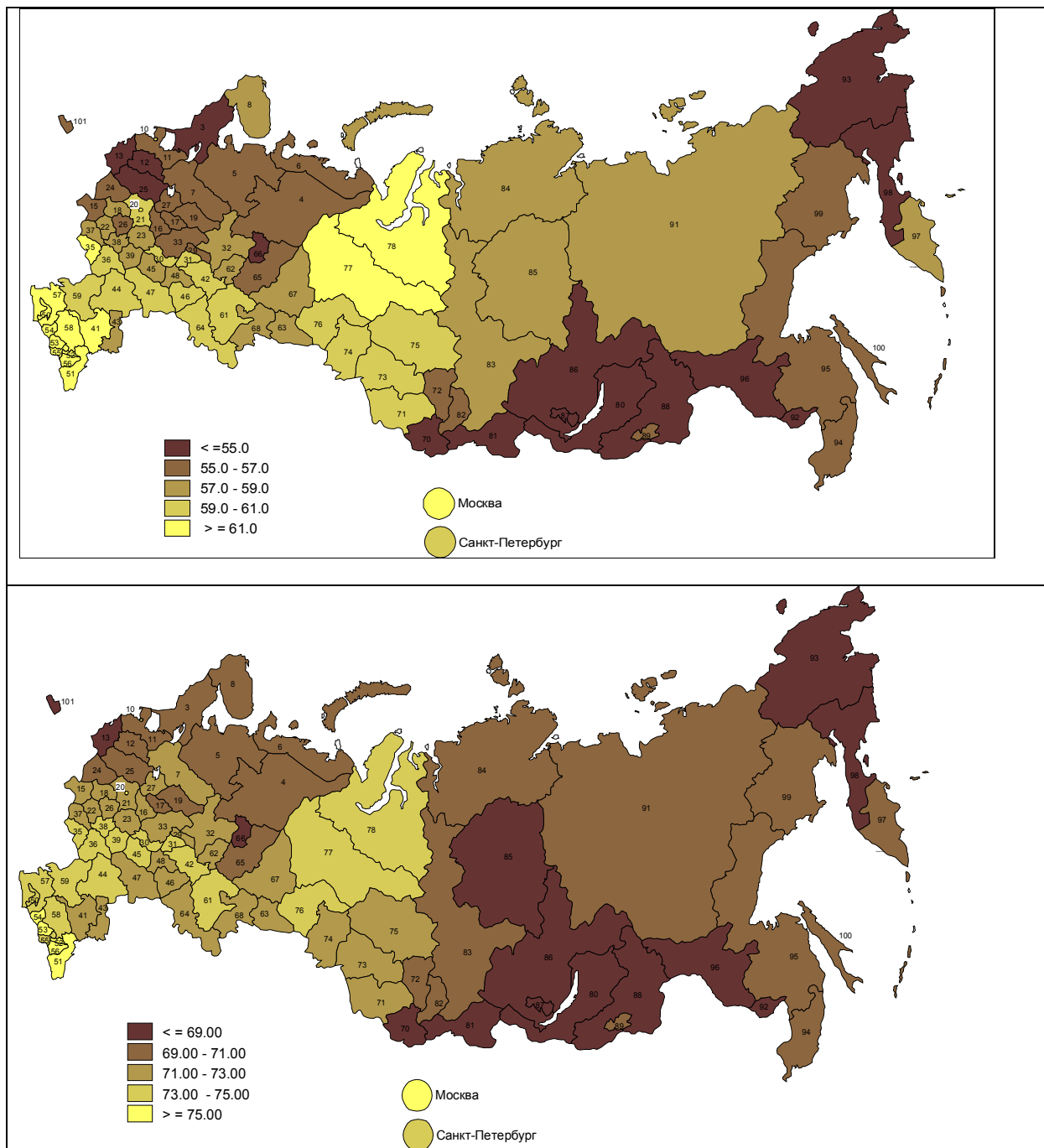


Рис.2. Ожидаемая продолжительность жизни при рождении по регионам Российской Федерации (число лет), 2004 г., мужчины –верху; женщины - внизу

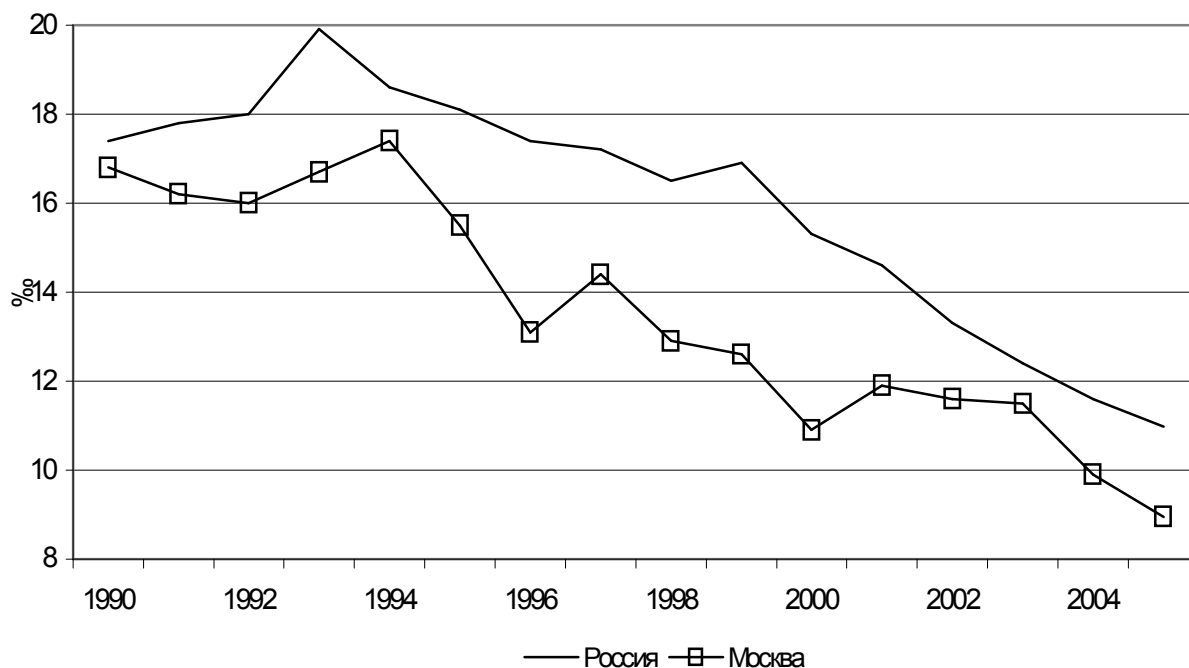


Рис.3. Динамика коэффициента младенческой смертности в России и Москве в конце XX в. и начале XXIв. (умерших на 1000 родившихся живыми)

Уровень младенческой смертности в Москве в 1990 г. был средним по сравнению с другими российскими регионами. К 2005 г. ситуация изменилась в лучшую сторону – Москва входит в первую двадцатку регионов по уровню младенческой смертности (Рис.4). Современный ее уровень соответствует уровню младенческой смертности, который отмечался в развитых странах в середине восьмидесятых годов XX века

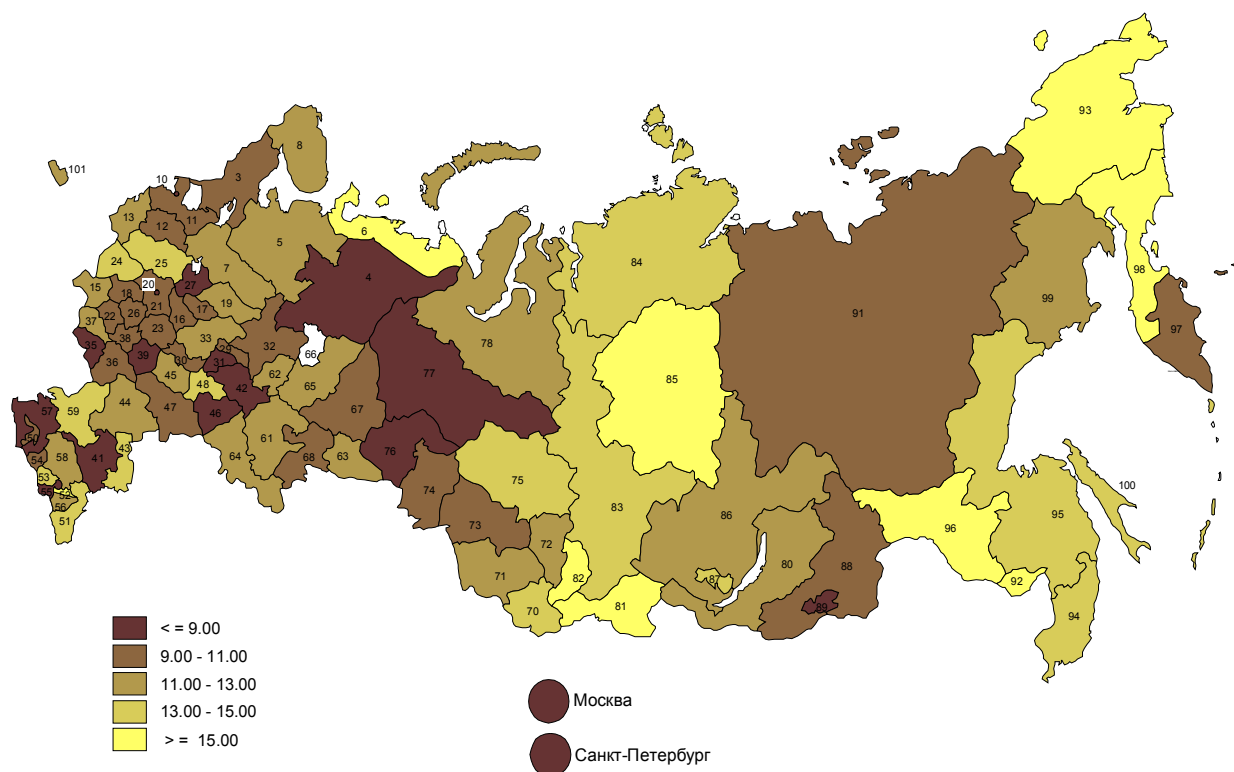


Рис.4. Младенческая смертность по регионам Российской Федерации (умерших на 1000 родившихся живыми), 2005 г

Смертность по причинам

Различия в структуре смертности в Москве и в целом по России в 2004 г. носят не принципиальный характер. Так же, как и в целом по стране, в Москве наиболее высокие показатели смертности отмечаются от таких причин смерти как сердечно-сосудистые заболевания, внешние причины и рак (Табл. 1).

Таблица 1. Смертность по причинам смерти в Москве и России в целом, 2004 г.

Причины смерти	Российская Федерация		Москва	
	Стандартизованный коэффициент смертности	%	Стандартизованный коэффициент смертности	%
Мужчины				
От всех причин	2180,3	100,0	1460,5	100,0
Некоторые инфекционные и паразитарные болезни	43,5	2,0	18,3	1,3
Новообразования	279,2	12,8	253,3	17,3
Болезни системы кровообращения	1139,6	52,3	773,2	52,9
Болезни органов дыхания	116,6	5,3	53,2	3,6
Болезни органов пищеварения	79,8	3,7	58,3	4,0
Внешние причины смерти	354,1	16,7	149,2	10,2
Женщины				
От всех причин	1038,1	100,0	807,9	100,0
Некоторые инфекционные и паразитарные болезни	9,6	0,9	4,7	0,6
Новообразования	135,8	13,1	160,1	19,8
Болезни системы кровообращения	641,2	61,8	477,7	59,1

Причины смерти	Российская Федерация		Москва	
	Стандартизованный коэффициент смертности	%	Стандартизованный коэффициент смертности	%
Болезни органов дыхания	26,6	2,6	15,6	1,9
Болезни органов пищеварения	39,5	3,8	32,3	4,0
Внешние причины смерти	86,1	8,3	45,7	5,7

За последние пять лет (с 1999 по 2004 г.) смертность мужчин от цереброваскулярных болезней в трудоспособных возрастах в Москве несколько стабилизировалась в отличие от России в целом, где она немного выросла. У женщин относительная стабилизация смертности в трудоспособных возрастах от данной причины отмечалась как в Москве, так и в целом по России (Рис.5).

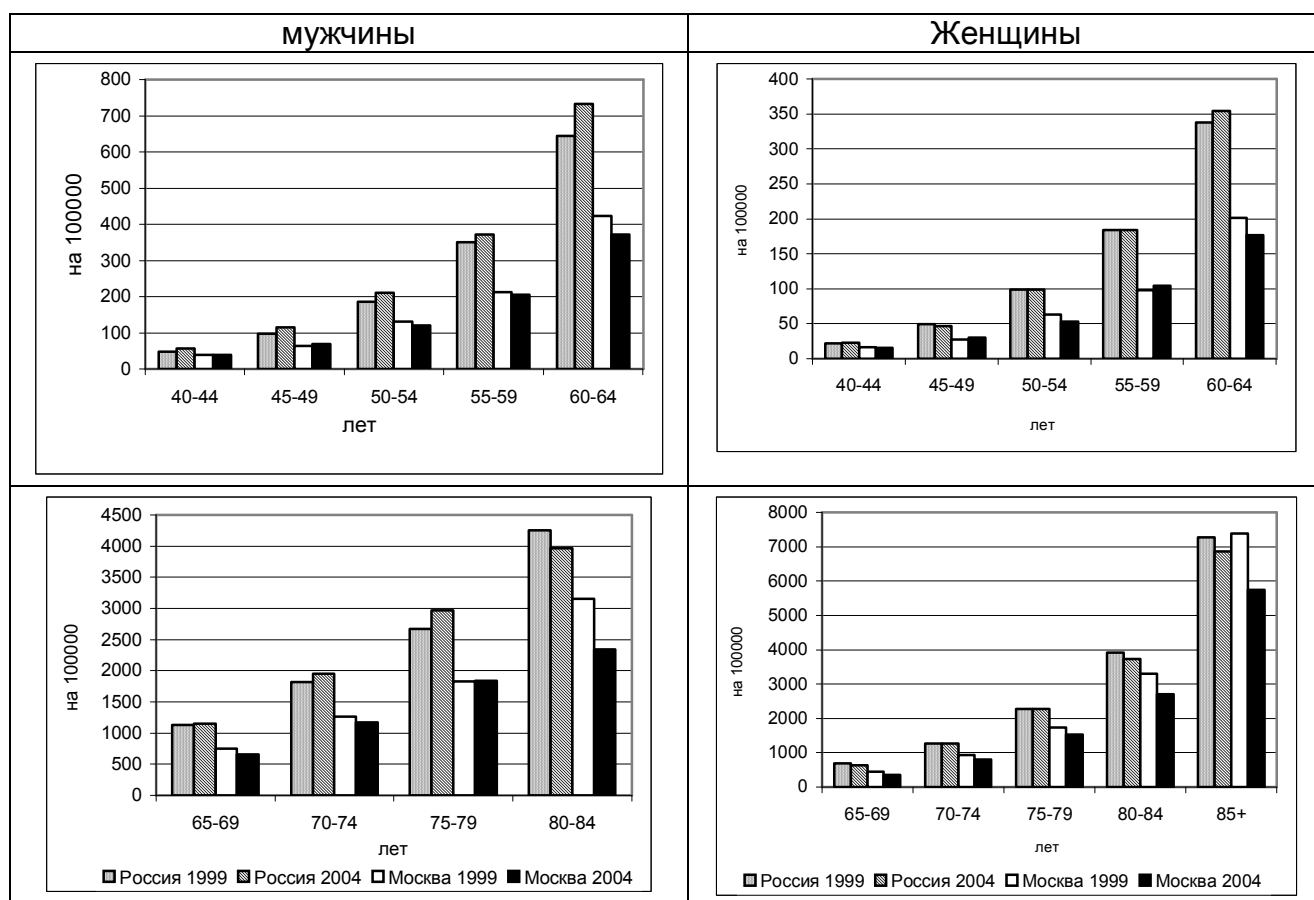


Рис.5. Возрастные коэффициенты смертности от церебно-васкулярных болезней в Москве и России в 1999 и 2004 гг.

В возрастах старше трудоспособного в отличие от общероссийских тенденций смертности, где у мужчин отмечался некоторый рост, а у женщин относительная стабилизация показателей, в Москве смертность от данной причины в той или иной степени снизилась и у мужчин, и у женщин.

Разумеется, при анализе смертности по причинам смерти немаловажное значение имеет существующая практика определения и шифровки причин смерти. Поскольку Россия только в 1999 г. перешла на шифровку причин смерти в соответствии с X (более подробным) пересмотром Международной классификации болезней и причин смерти, рост смертности от инфаркта мозга, отмечающийся в последние годы как в Москве, так и в России в целом, скорее всего, частично, есть результат именно этого перехода (Рис.6).

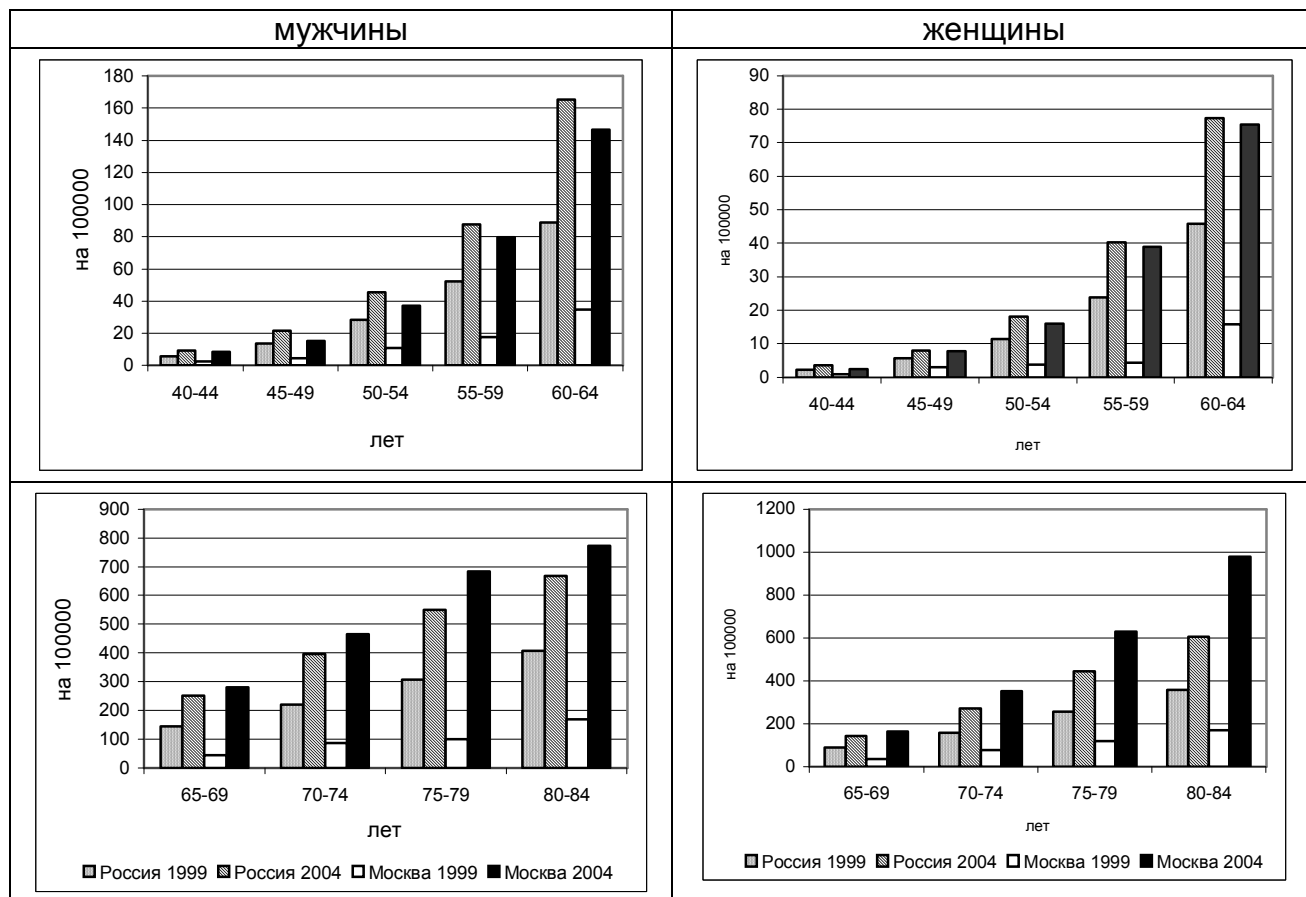


Рис.6. Возрастные коэффициенты смертности от инфаркта мозга в Москве и России в 1999 и 2004 гг.

Однако, более высокий уровень показателей в Москве свидетельствует также и о действительно более высокой смертности от данной причины в Москве как у мужчин, так и у женщин.

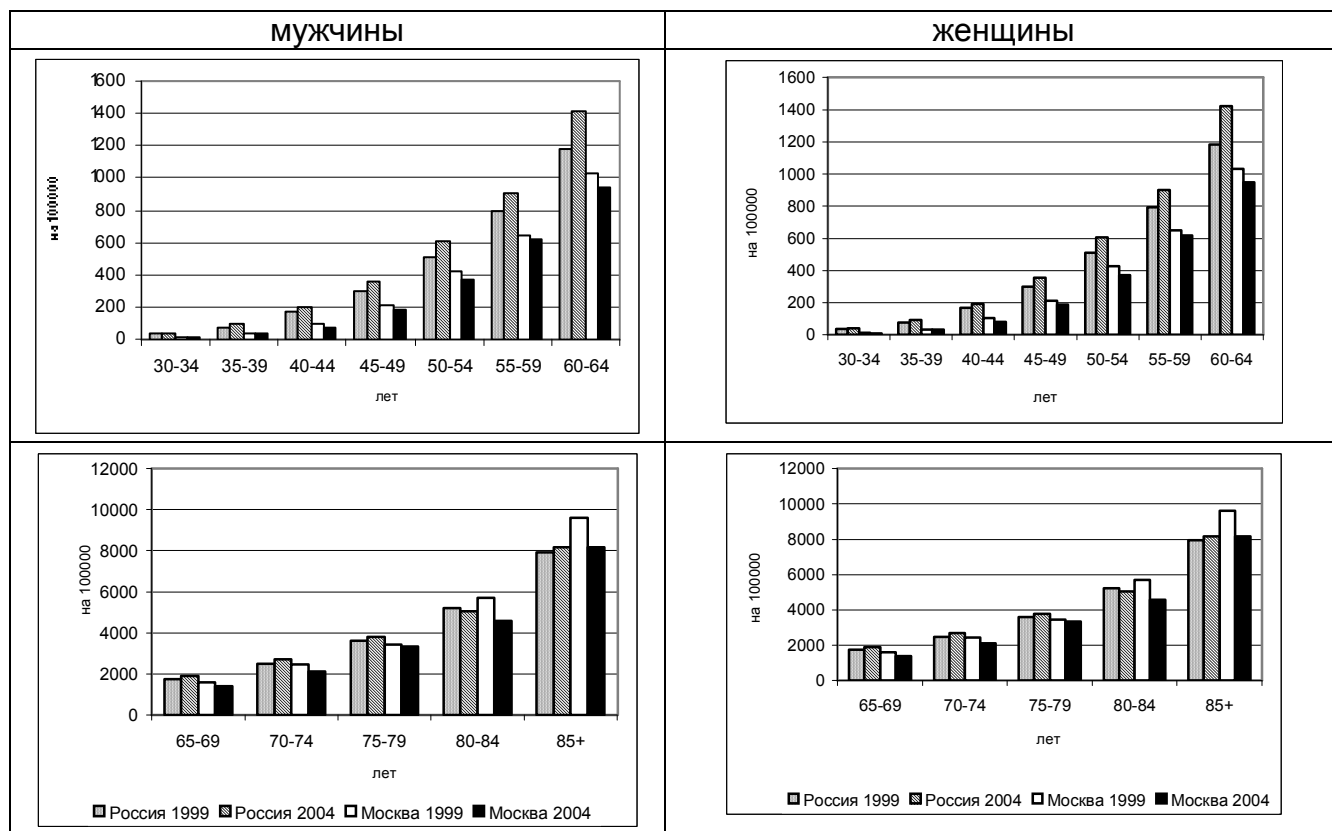


Рис. 7. Возрастные коэффициенты смертности от ишемической болезни сердца в Москве и России в 1999 и 2004 гг.

Тенденции смертности от ишемической болезни сердца в Москве и в России в целом различаются (Рис.7). В России в 2004 г. по сравнению с 1999 г. смертность стала выше во всех возрастах и у мужчин, и у женщин. В Москве, напротив, смертность, хоть и не очень значительно, но снизилась, причем более всего в старших возрастах, хотя это может быть в какой-то степени и результатом неполноты учета смертности в мегаполисе.

Разнонаправленную динамику в целом по России и в Москве имеет и смертность от внешних причин (Рис.8). За пять лет с 1999 по 2004 гг. в России в возрастных группах старше 25 лет коэффициент смертности от этих причин выросл у мужчин от 5 до 18 %, а у женщин от 3,4 до 11%, исключение составляли лишь возраста старше 80 лет, где смертность снизилась на 10-14%. Напротив, в Москве снижение смертности от внешних причин отмечалось во всех возрастных группах, причем в трудоспособных возрастах оно достигло 38-50% у мужчин и 23-53% у женщин.

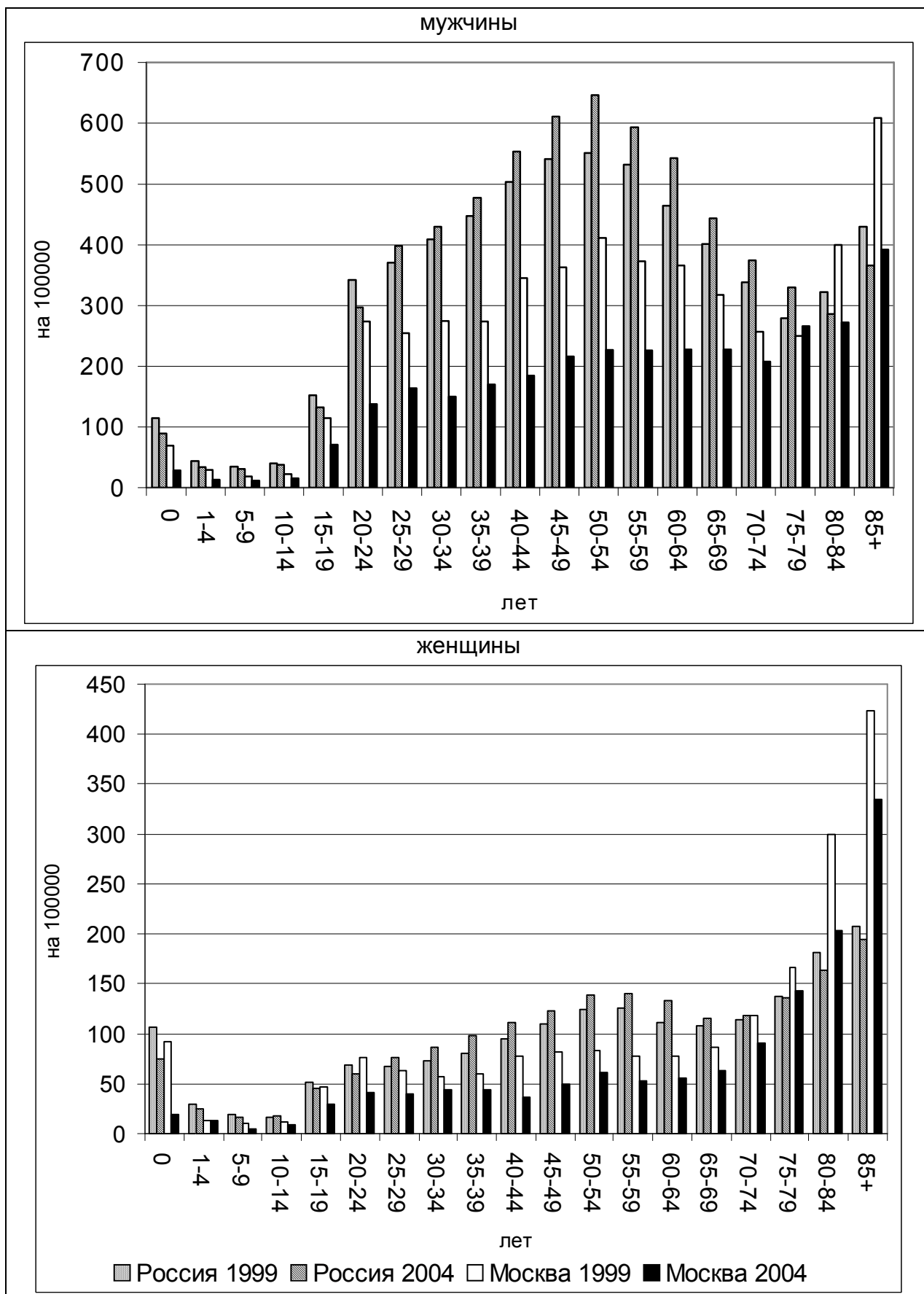


Рис.8. Возрастные коэффициенты смертности от внешних причин смерти в Москве и России в 1999 и 2004 гг.

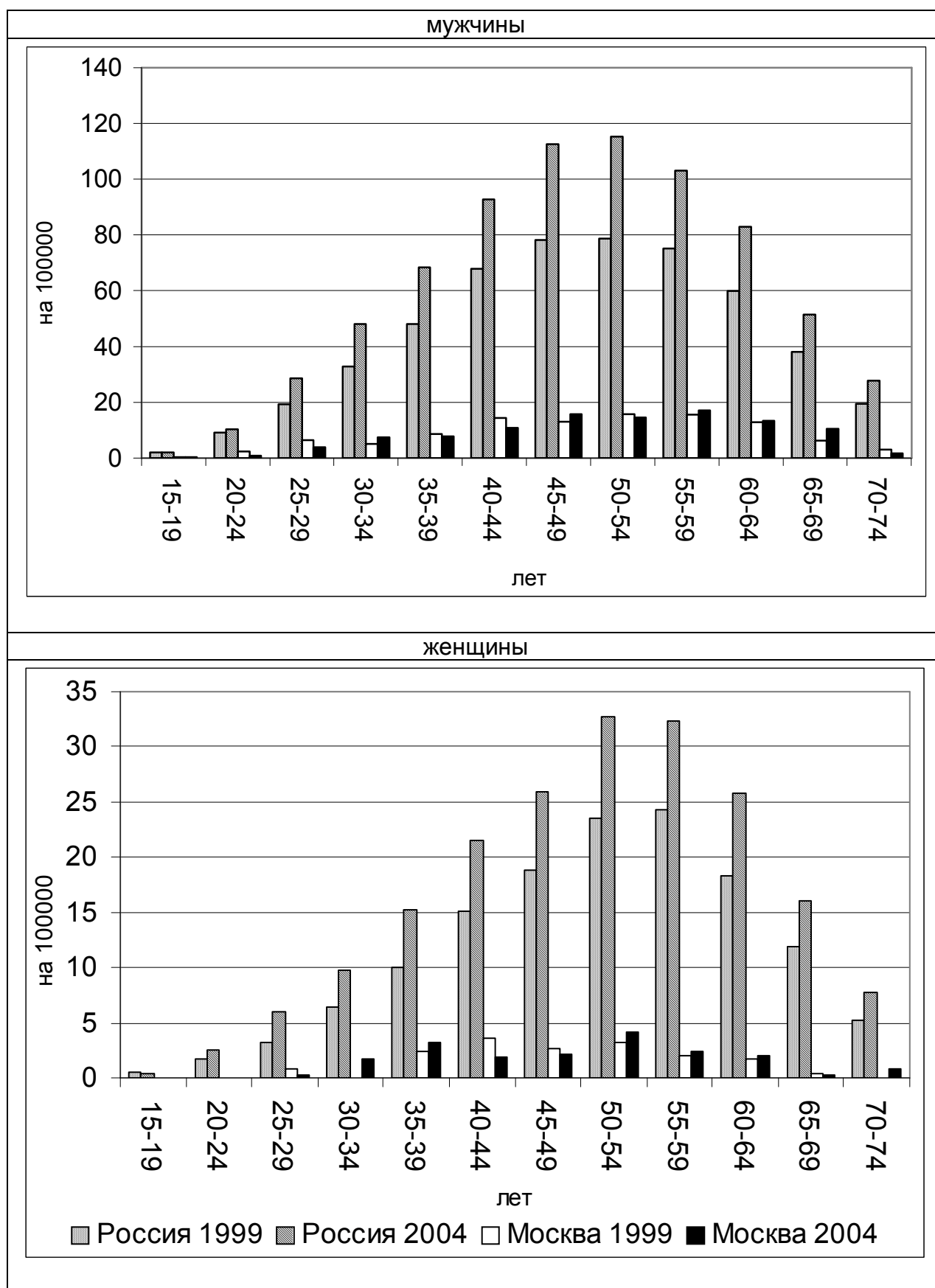
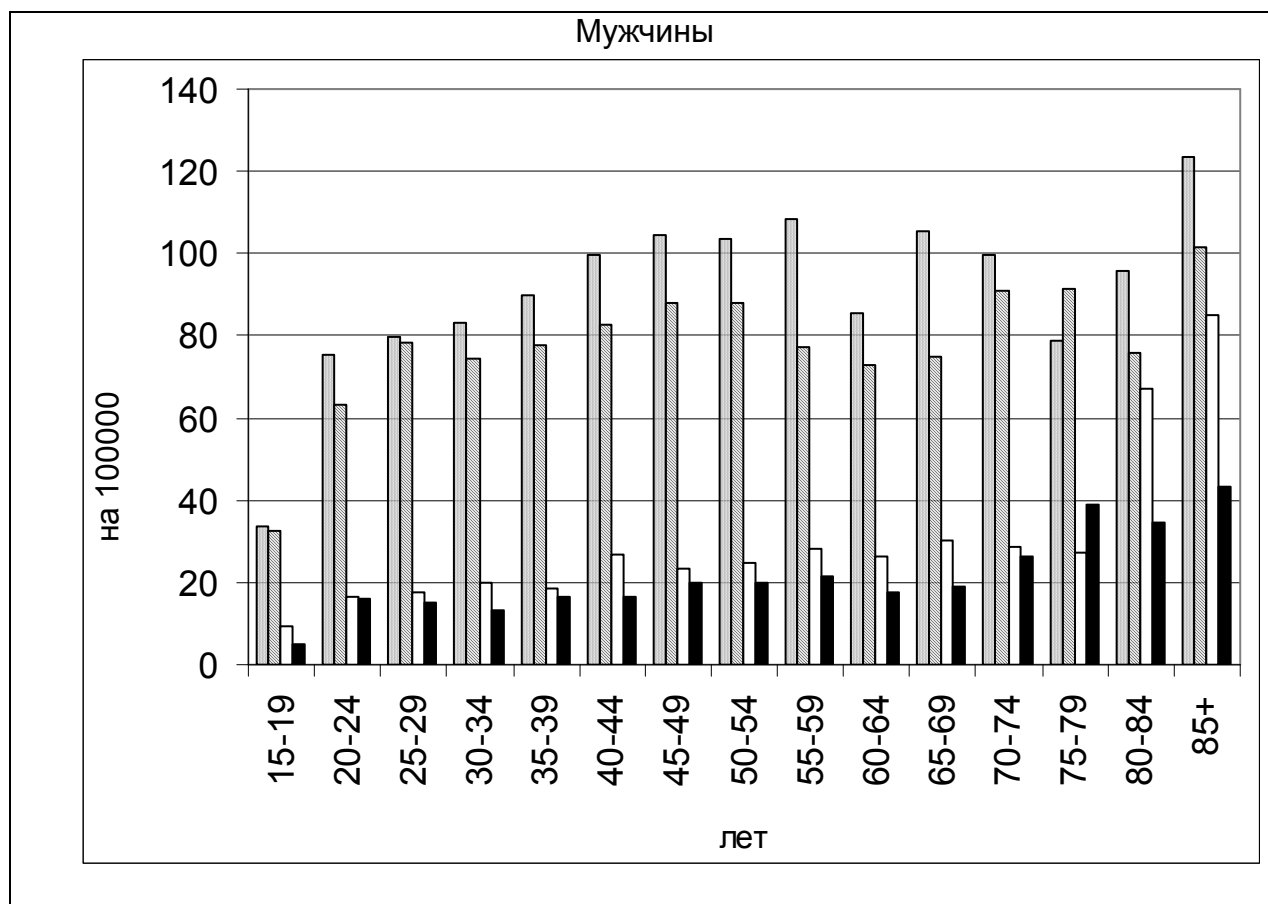


Рис.9. Возрастные коэффициенты смертности от случайного отравления (воздействия) алкоголем в Москве и России в 1999 и 2004 гг.

Весьма значительно и в лучшую сторону отличается смертность в Москве от общероссийских коэффициентов от такой причины смерти как случайное отравление (воздействие) алкоголем. Причем разница в показателях в последние годы растет за счет роста смертности в России в целом, как у мужчин, так и у женщин и относительной стабилизации смертности от данной причины в Москве (Рис.9). Так, в трудоспособных возрастах общероссийские показатели выше московских у мужчин в 6-9 раз, а у женщин в 5-20 раз.

Относительно благоприятные тенденции наметились в последние годы в динамике смертности от самоубийств как в России в целом, так и в Москве (Рис.10). Вместе с тем, в Москве снижение смертности от самоубийств у мужчин было более значительным, чем в России в целом, а у женщин напротив, смертность в Москве снизилась относительно менее значительно по сравнению с общероссийскими показателями. В результате общероссийский показатель смертности от данной причины в 2004 г. был выше, чем в Москве более чем в 4 раза у мужчин и только более чем в 2 раза у женщин.



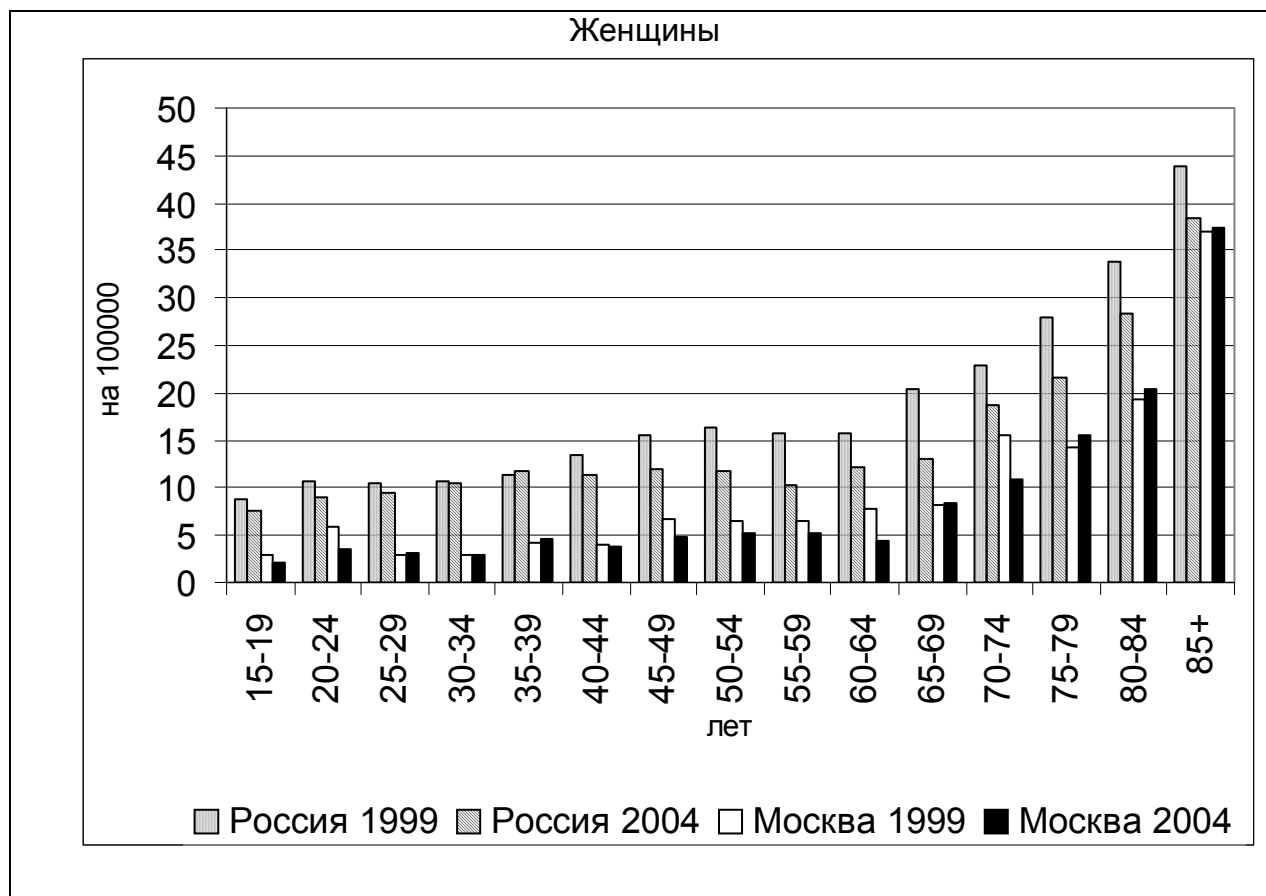


Рис.10. Возрастные коэффициенты смертности от преднамеренных самоповреждений (включая самоубийства) в Москве и России в 1999 и 2004 гг.

Крайне неблагоприятная ситуация с туберкулезом, сложившаяся в последнее десятилетие продолжает и дальше ухудшаться в целом по России. Причем, в последнее время темп роста смертности от туберкулеза у женщин стал выше, чем у мужчин, хотя сам уровень смертности значительно ниже у женщин, чем у мужчин (Рис.11). Это утверждение в полной мере относится и к Москве, где коэффициенты смертности от туберкулеза у мужчин в возрасте до 40 лет несколько стабилизировались, а в более старших возрастах даже несколько снизились. Напротив, у женщин в трудоспособных возрастах отмечался некоторый рост смертности от туберкулеза. Значительное снижение смертности в Москве у женщин в возрастах от 65 до 85 лет, скорее всего, есть результат недоучета случаев смерти в пожилых и старческих возрастах, в основном, у лиц не так давно зарегистрированных в Москве.

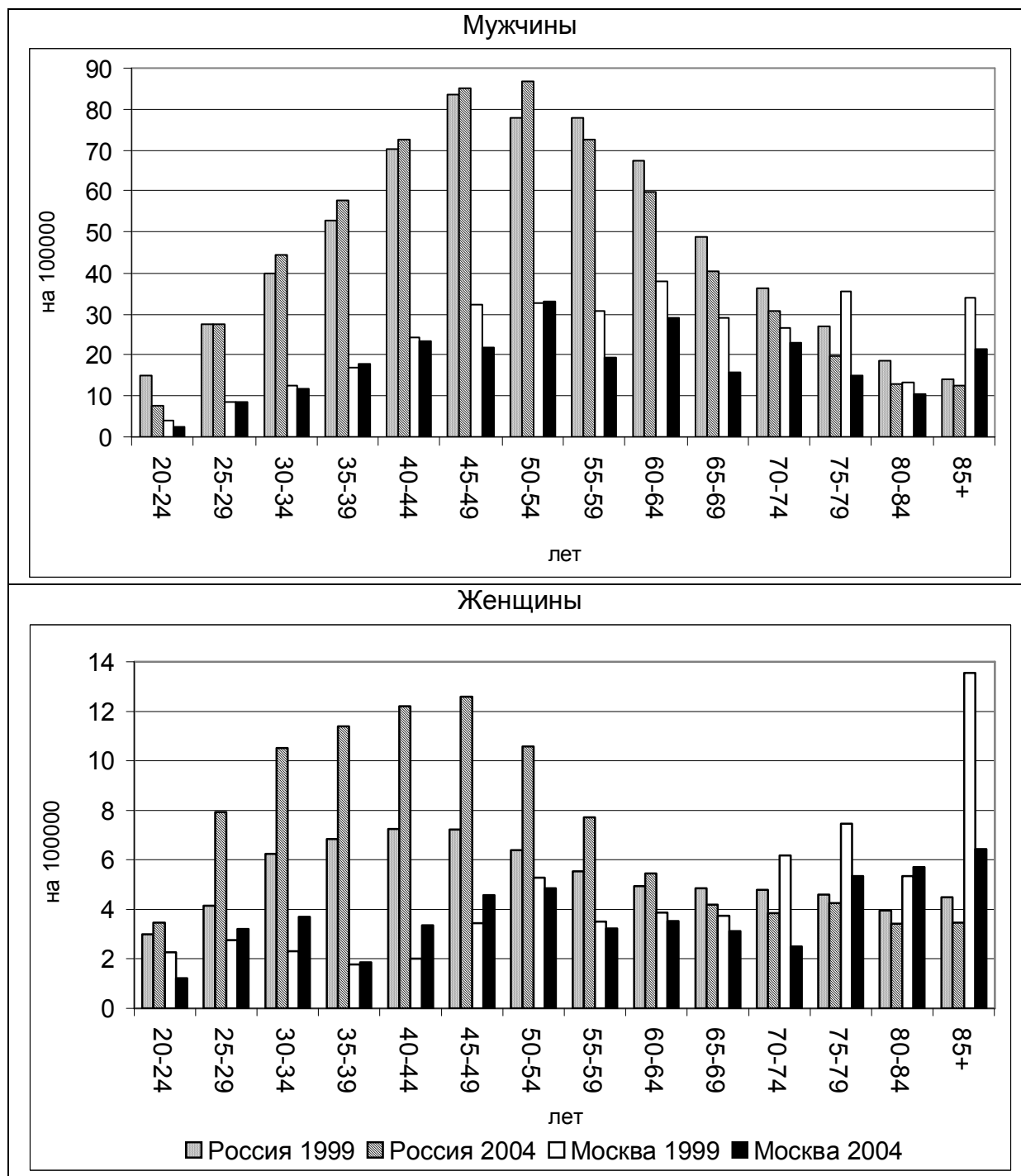


Рис.11. Возрастные коэффициенты смертности от туберкулеза в Москве и России в 1999 и 2004 гг.

Смертность женщин от рака молочной железы стоит на третьем месте после болезней системы кровообращения и несчастных случаев, и на первом месте в структуре женской смертности от онкологических заболеваний - 16,3%. В 2004 г. от этой причины умерло 22,8 тыс. женщин, что на 41,6% больше, чем в 1990 г. Причем, около 30% среди умерших от этой причины – это женщины трудоспособного возраста. Вместе с тем, в последние годы отмечается некоторое снижение темпов роста среднегодового стандартизованного

коэффициента смертности женщин от рака молочной железы. По сравнению с двадцатилетним периодом с 1964 по 1984 гг. они снизились на 3,6% (соответственно с 5,4% до 1,8%).

За период с 1999 г. по 2004 г. динамика смертности от рака молочной железы в Москве несколько отличается от общероссийских тенденций (Рис.12). Если по России в целом в той или иной степени снижение смертности отмечалось только в трудоспособных возрастах, а в более старших возрастах смертность продолжала расти, то в Москве смертность снизилась практически во всех возрастах. Исключение составила только смертность в возрастах от 70 до 74 лет (рост составил 6,1%) и в возрастах от 65 до 69 лет, где смертность осталась практически на прежнем уровне (рост составил 0,1%). Кроме того, по сравнению с общероссийскими коэффициентами более благоприятная динамика отмечалась в возрастах от 45 до 55 лет, где смертность в Москве снизилась на четверть. Хочется надеяться, что и в дальнейшем ситуация со смертностью от рака молочной железы в Москве будет развиваться так же как и в развитых странах, где в результате демографической модернизации в последнее время рост заболеваемости данной патологией не приводит к соответствующему росту смертности от этой причины. Своевременное выявление заболеваний на ранних стадиях его развития и проведение адекватного своевременного лечения способствуют, в конце концов, увеличению среднего возраста смерти от этой причины и увеличению общей продолжительности жизни. Одним из подтверждений сказанного могут служить следующие статистические данные: число маммографий в расчете на 1000 женщин в возрасте 35 лет и старше в Москве более чем в 3 раза выше, чем по России в целом и, напротив, доля впервые зарегистрированных заболеваний раком молочной железы в III и IV стадиях несколько ниже. Однако, следует признать, что число маммографий во всех регионах России пока еще остается не достаточным.

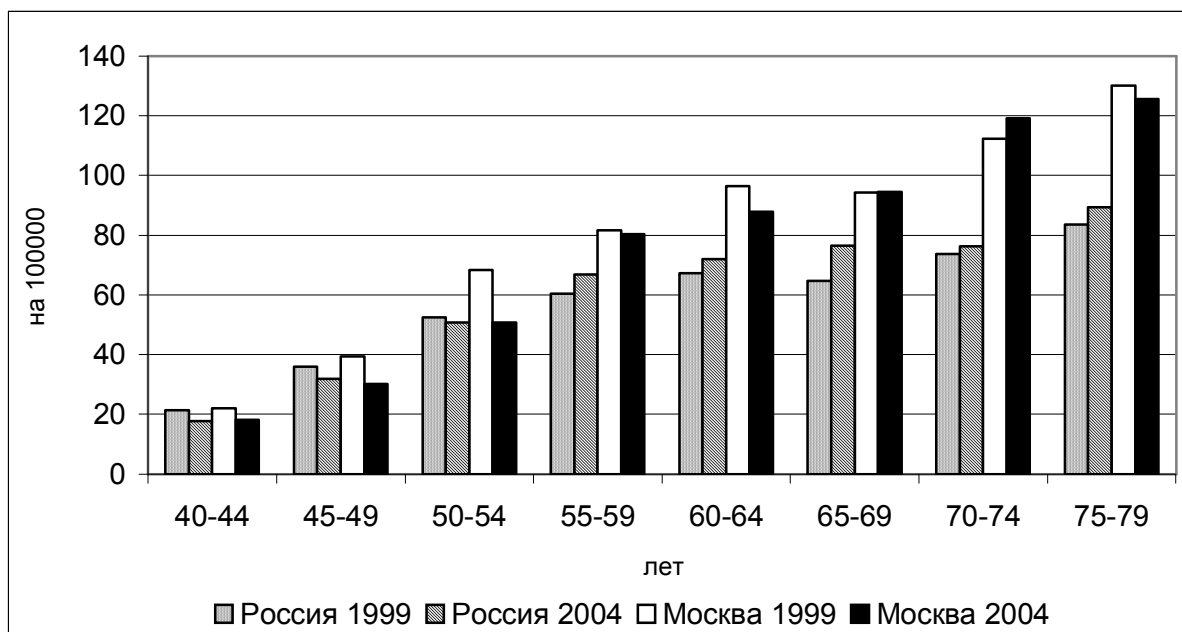


Рис.12 Возрастные коэффициенты смертности женщин от рака молочной железы в Москве и России в 1999 и 2004 гг.

Тенденции смертности от рака предстательной железы в Москве практически повторяют общероссийские (Рис.13). Различия состоят лишь в том, что в трудоспособных возрастах уровни смертности соответствуют среднероссийским коэффициентам, а в пожилых и старческих возрастах они несколько выше.

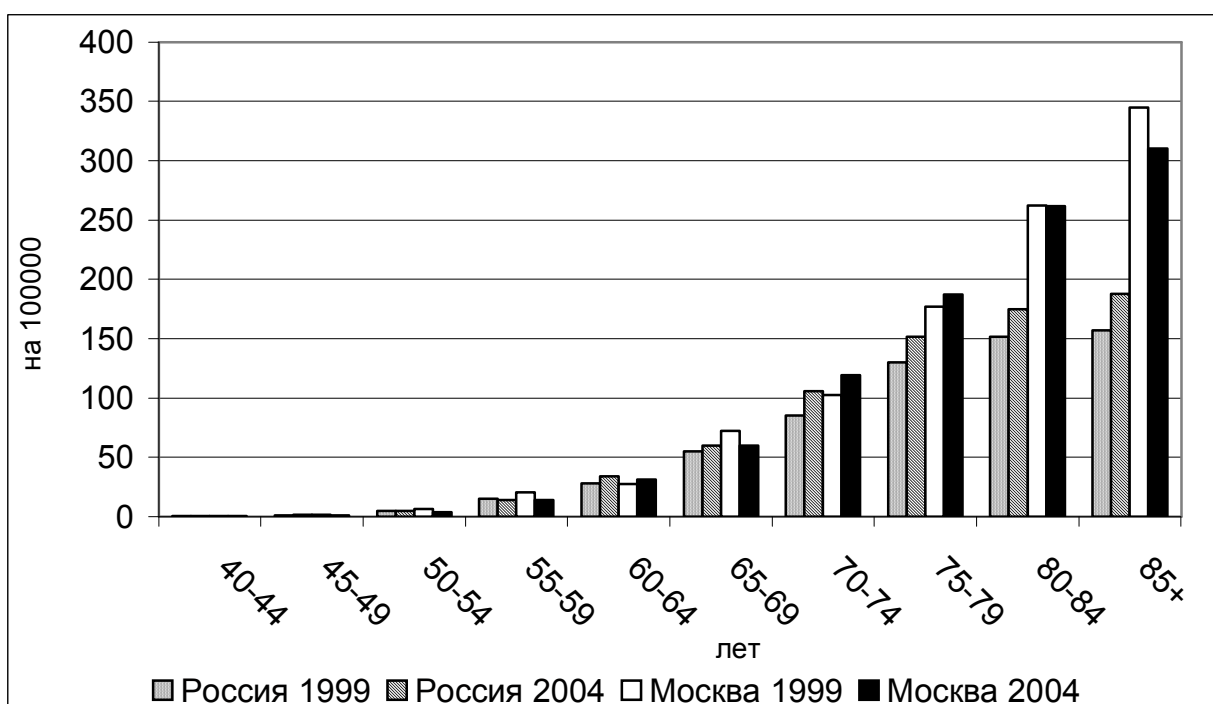
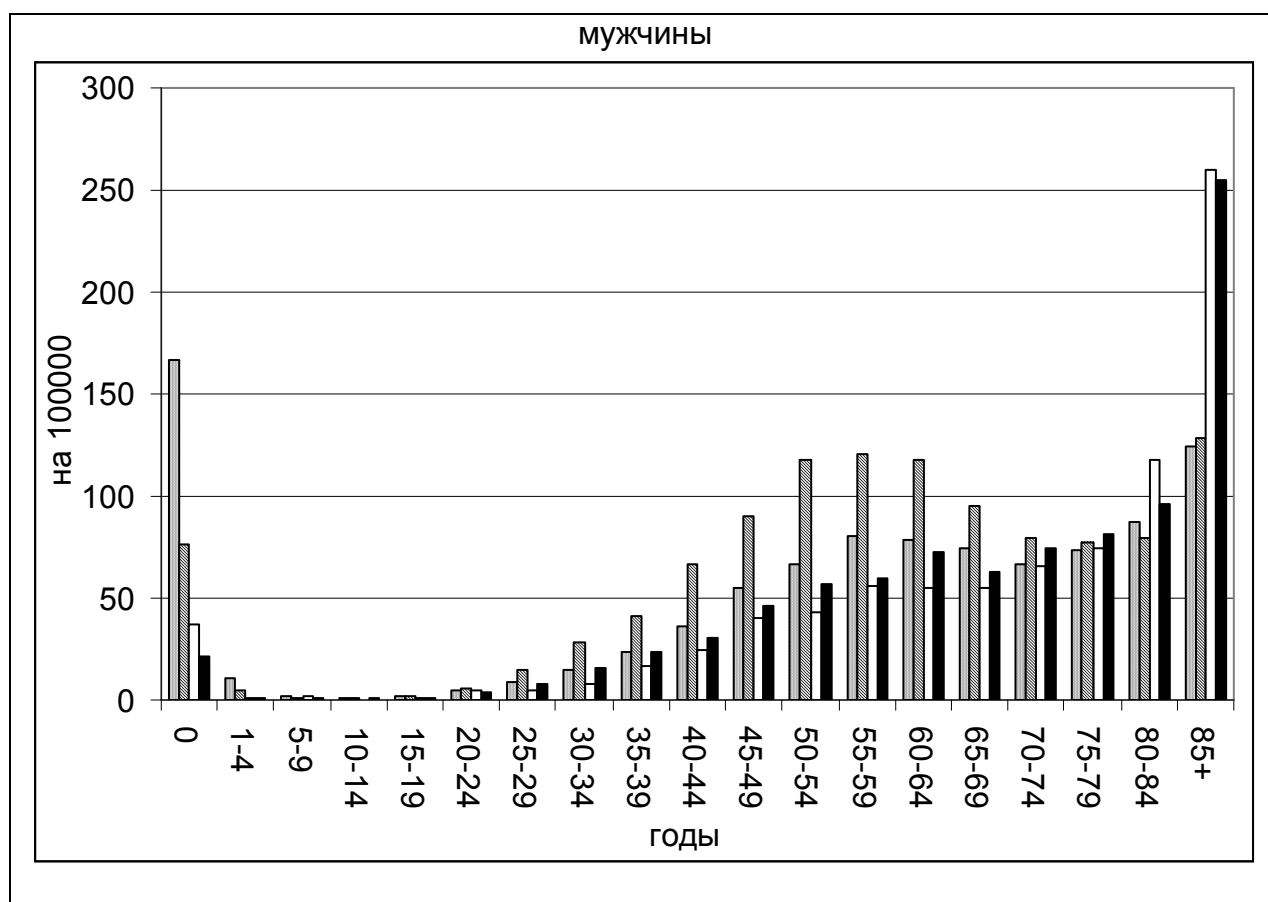


Рис.13 Возрастные коэффициенты смертности от рака предстательной железы в Москве и России в 1999 и 2004 гг.

По сравнению с тенденциями смертности от рассмотренных ранее причин смерти уровень смертности от болезней органов дыхания, таких как грипп и пневмония, бронхит и эмфизема легких, астма бронхиальная, в значительной степени определяется происходящими изменениями климата и атмосферного воздуха. Так, в последние годы экологическая обстановка в Москве и, особенно, состояние атмосферного воздуха очень часто не отвечали санитарно-гигиеническим требованиям, в частности, содержание вредных веществ в воздухе превышали предельно допустимые нормы в несколько раз. Скорее всего, это и явилось одной из причин, вызвавшей рост смертности от данных причин смерти, как в Москве, так и в России в целом. Как видно из рисунка 14, рост смертности коснулся, прежде всего взрослого населения и в Москве, и в России в целом. Смертность же детей за эти годы снизилась, причем более значительно в среднем по России. Напротив, рост смертности взрослых и мужчин, и женщин от гриппа и пневмонии был в 2-3 раза более высоким в России в целом, чем в Москве.



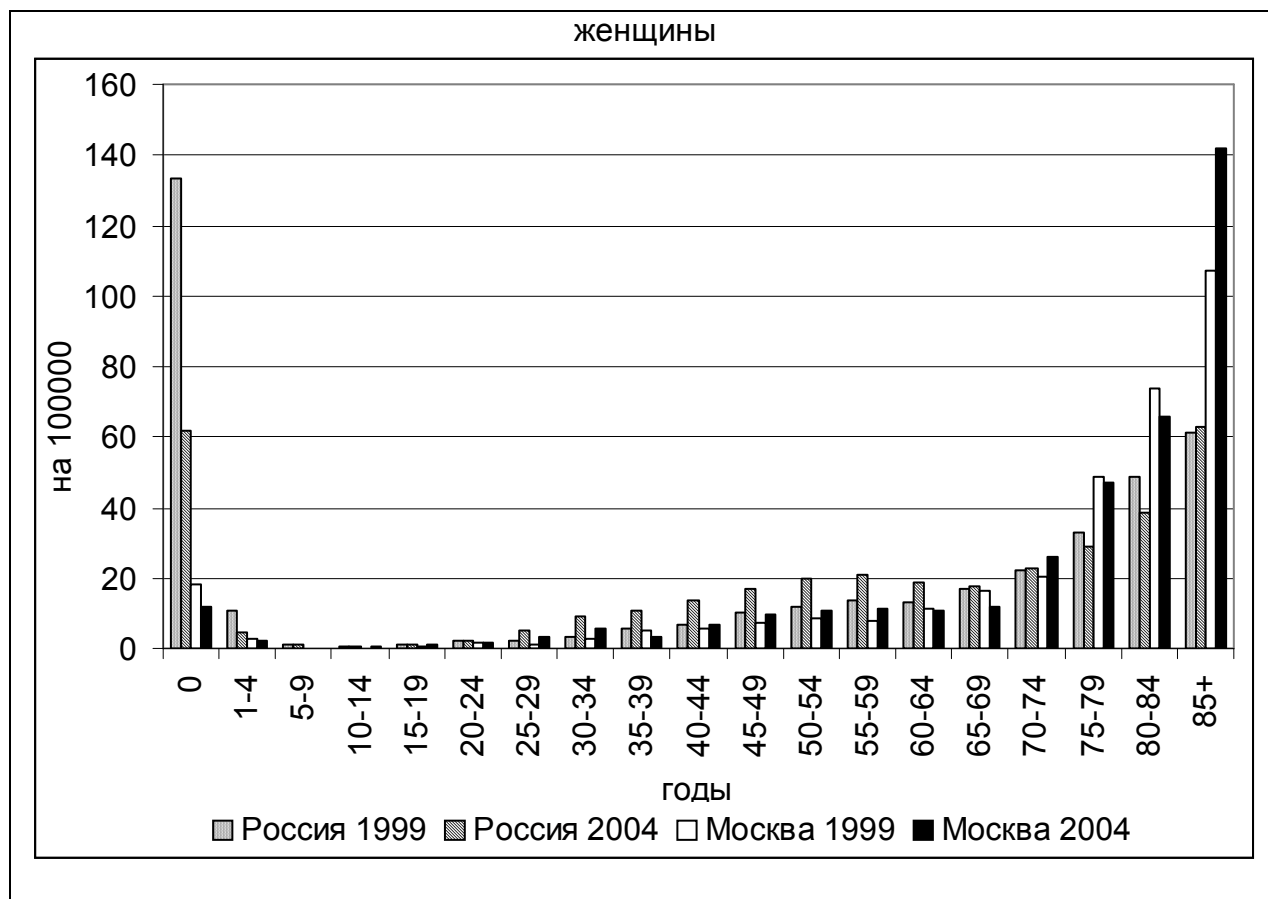


Рис.14. Возрастные коэффициенты смертности от гриппа и пневмонии в Москве и России в 1999 и 2004 гг.

Как отмечалось ранее, при анализе смертности по причинам смерти важное значение имеют проблемы диагностики и определения основной причины смерти. В полной мере это относится и к определению отдельных болезней органов дыхания в качестве основной причины смерти. Так, анализ смертности от бронхита, эмфиземы легких и астмы бронхиальной у женщин наводит на мысль, что динамика смертности от данных причин в значительной степени есть результат изменений в диагностике и определении основной причины смерти. Так, в возрасте 55-59 лет в Москве смертность женщин от астмы бронхиальной снизилась более чем в полтора раза, а смертность от бронхита и эмфиземы напротив выросла более чем в два раза (Рис.15, 16).

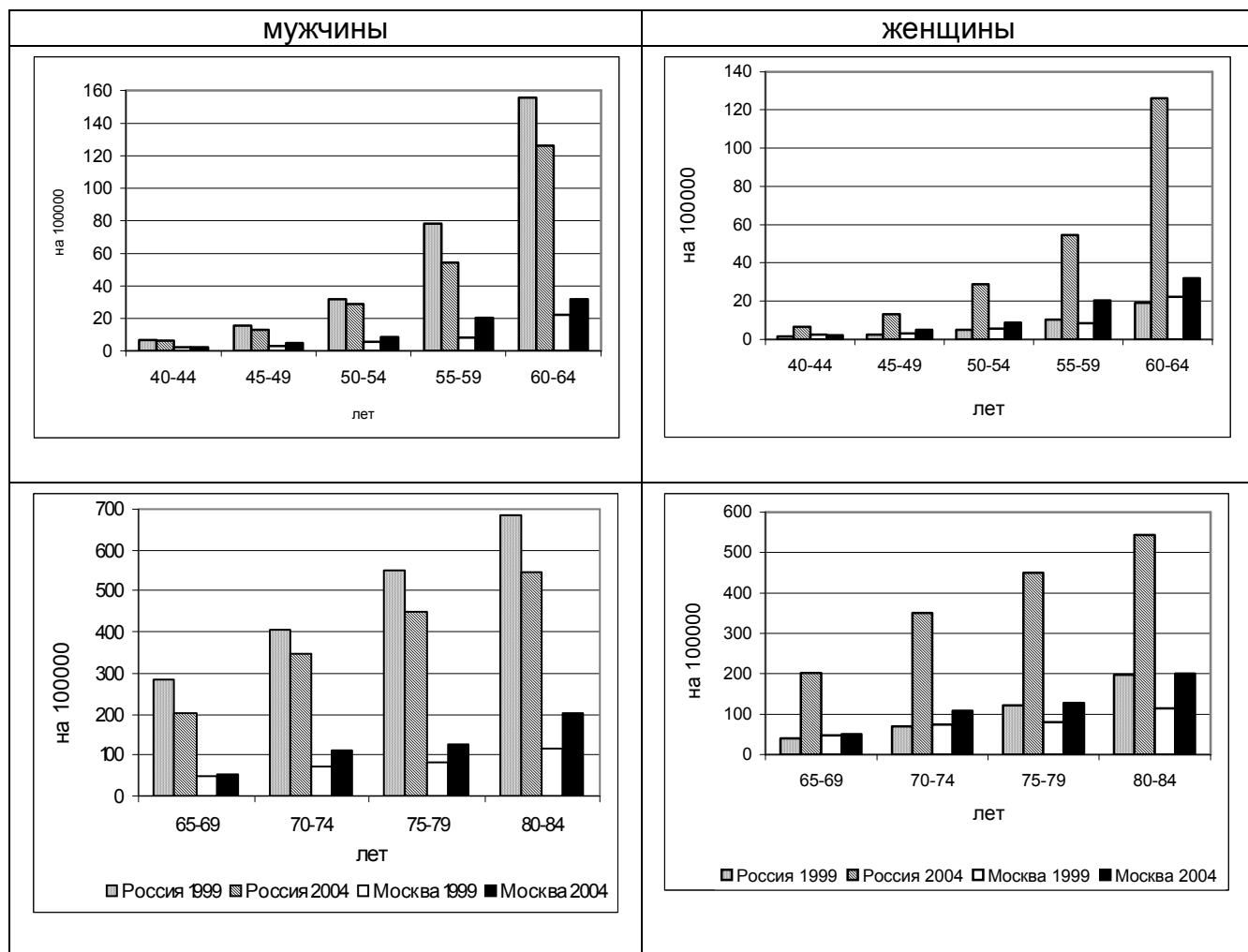


Рис.15. Возрастные коэффициенты смертности от бронхита и эмфиземы в Москве и России в 1999 и 2004 гг.

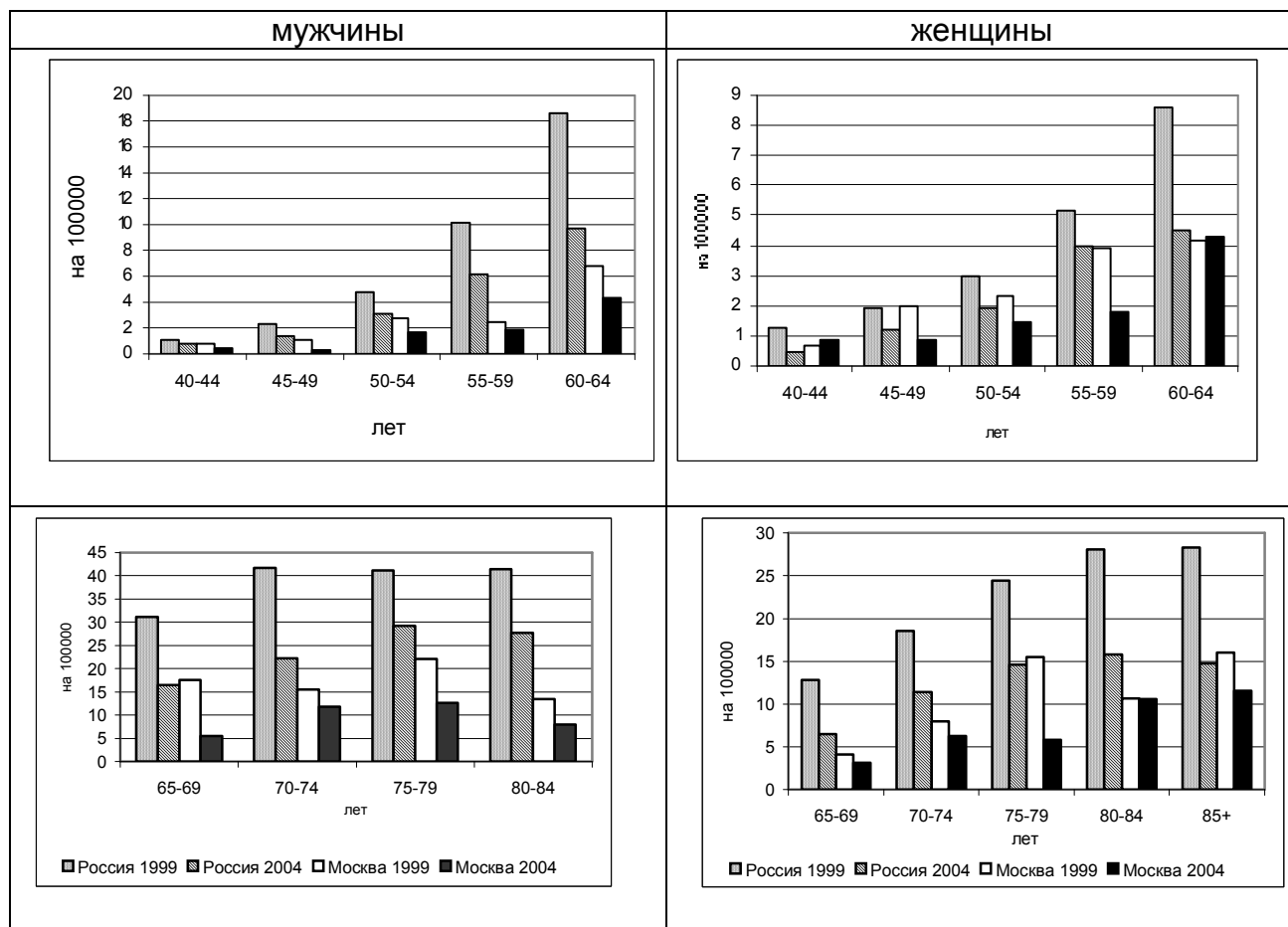


Рис.16. Возрастные коэффициенты смертности от астмы в Москве и России в 1999 и 2004 гг.

В целом же ситуация со смертностью от бронхита, эмфиземы легких и астмы бронхиальной в Москве намного лучше, чем в целом по России.

На фоне уровня смертности от этих причин смерти в 2004 г. (в частности астмы и астматического статуса) в других российских регионах Москву можно отнести к регионам с самым низким уровнем смертности у мужчин и относительно низким у женщин (Рис.17).

В заключение хочется отметить, что представленный анализ особенностей смертности в Москве носит в большей степени статистико-информационный характер. Для выяснения истинной ситуации со смертностью и определения факторов, влияющих на ее уровень от тех или иных причин смерти в Москве, требуется в дальнейшем проведение специальных исследований.

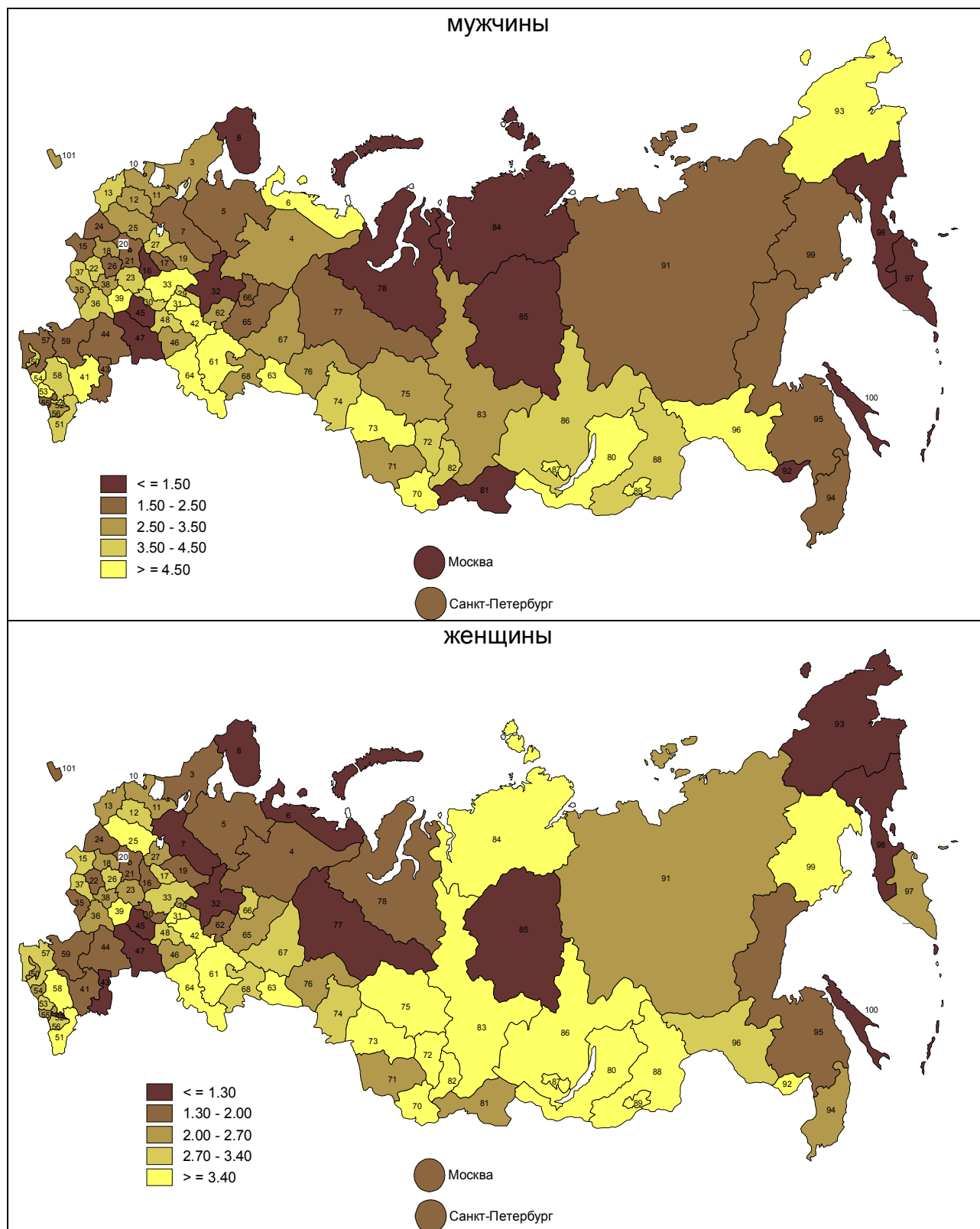


Рис.17. Смертность от астмы и астматического статуса, на 100000 человек, 2004 г.

Ревич Б.А., Шапошников Д.А.

Центр демографии и экологии человека Института народнохозяйственного прогнозирования РАН, Москва, Россия
revich@ecfor.ru

Климатические условия, качество атмосферного воздуха и смертность населения Москвы в 2000-2006 гг.

Введение

Изменение климата с каждым годом становится все более ощутимым неблагоприятным фактором окружающей среды, оказывающим существенное негативное влияние на здоровье населения. Об этом свидетельствуют появление новых научных публикаций, в том числе и монографий [Climate change and Human Health..., 2003; Integration of Public Health with adaptation to climate change..., 2005; Extreme Weather Events and Public Health Responses, 2005 и др.], по оценке последствий действия глобального потепления на здоровье населения, а также включение данных вопросов в тематику Ежегодных конференций Международного общества экологической эпидемиологии (ISEE). Изменение климата сопровождается увеличением числа дней в году с аномально высокой и низкой температурой. Во время жары растет число смертельных исходов преимущественно среди лиц пожилого возраста, страдающих хроническими заболеваниями сердечно-сосудистой системы и/или органов дыхания. Так, длительная жара летом 2003 г. в Европе стала причиной 27–40 тыс. смертельных случаев [Hemon and Jouglu, 2004; Conti et.al., 2005; Michelozzi et.al., 2004; Vandentorren et.al., 2004; Grize et al., 2005; Johson et.al., 2005; Dhainaut et.al., 2004]. Министерства здравоохранения ряда европейских стран весьма оперативно организовали контроль показателей смертности в городах. Например, в Италии такое исследование началось 22 августа и уже в начале сентября были получены первые данные в столицах 21 региона, и естественно была установлена связь между максимальной температурой воздуха, его влажностью и смертностью. За июнь - август дополнительная смертность составила 3 тыс. случаев, причем в 92% это были люди старше 75 лет. В наибольшей степени увеличение смертности наблюдалось в городах северной части Италии [Conti, 2004]. Во Франции с 1 по 20 августа 2003г., когда максимальная температура воздуха была выше 35⁰С, число дополнительных случаев смерти достигло 15 тыс., что на 60% больше, чем в тот же период

времени в течение 2000-2002 гг.. В отдельные дни число дополнительных случаев смерти составляло 2,2 тыс., причем в 70% случаев умирали люди старше 75 лет. В связи с этим, Министерство здравоохранения Франции разработало специальный План действий по оценке и профилактике острого воздействия погодных явлений на здоровье человека [Michelon, 2004]. Жаркий август 2003 г. Стал также причиной до 6 тыс. дополнительных смертельных исходов в Испании и 1,3 тыс. случаев в Лиссабоне. Прослеживалась, кроме того, связь жары и с обострением течения ряда сердечно-сосудистых заболеваний, например стенокардии, с появлением болей в грудной клетке, головных болей, головокружений, тошноты, чувства усталости и т.д.

Первые исследования в Европейской части России по оценке влияния повышенной температуры воздуха на смертность населения (выполненные по методу временных рядов) были проведены в Твери. Анализ ежедневных показателей смертности населения и среднесуточных температур позволил установить положительную корреляцию между ними. Было показано, что прирост максимальной суточной температуры на каждые 10°C приводит к увеличению смертности на один дополнительный случай. В 1999г. – более жарком, чем 2002 г. – было отмечено и большее количество самоубийств [Ревич и соавт., 2005].

Задачей настоящего исследования, проведенного в Москве, было установление влияния климатических особенностей и качества атмосферного воздуха на показатели смертности населения как во время тепловых волн и волн холода, так и в разные сезоны года.

Материал и методы

В качестве исходных данных использовали ежедневные значения температуры воздуха, предоставленные Метеорологической обсерваторией МГУ, среднесуточные концентрации загрязняющих веществ (взвешенных веществ с аэродинамическим диаметром менее 10 микрон PM_{10} и озона) по результатам наблюдений организации Мосэкомониторинг. Эти загрязняющие вещества были выбраны нами прежде всего потому, что для них существуют обширные данные о связи уровня загрязнения с острой смертностью, собранные в ходе зарубежных многолетних международных проектов «Национальное исследование заболеваемости, смертности и загрязнения

воздуха» и «Загрязнение воздуха и здоровье: европейский подход», (см., например, обзор [Anderson et al., 2004]).

Для определения влияния температурных условий на показатели смертности были отобраны данные ежедневной смертности населения по причинам, которые могут отражать воздействие загрязнения воздуха и метеофакторов на здоровье населения. Кроме этих внешних причин (за исключением V00 – Y98 по МКБ–10), включающих убийства, самоубийства, отравления, ДТП, травмы и т.п.; были рассмотрены ишемическая болезнь сердца (ИБС) и стенокардия (I20-25); цереброваскулярные болезни (I60-69), в том числе – инфаркт мозга, острые нарушения мозгового кровообращения (I63), хронические заболевания нижних дыхательных путей ХЗНДП (J40-47), в том числе бронхиальная астма и астматический статус (J45-46).

Тесты независимых выборок. При установлении статистической значимости разностей между средними значениями выборок случайных величин (таких как среднесуточные или среднемесячные температуры или суточная смертность) мы использовали *t*-статистику с независимыми выборками. При этом «нулевая гипотеза» формулировалась следующим образом - среднее из одной выборки не отличается от среднего из другой выборки для данной переменной. Если она может быть отвергнута на 95%-ном уровне статистической значимости, то разность между средними значениями считается статистически достоверной. При проверке «нулевой гипотезы» сначала устанавливали равенство дисперсий двух независимых выборок. В пакете статистических приложений SPSS 13.0, которым мы пользовались, для этого применяется так называемый тест или критерий Левена. Если предположение о равенстве дисперсий принималось, то использовали *t*-статистику для объединенной дисперсии. Если же это предположение отвергалось, то применяли *t*-статистику для отдельной дисперсии.

Температурные кривые смертности. С целью выявления наиболее четко выраженных закономерностей, были построены кривые зависимости необработанных данных о суточной смертности по различным причинам от максимальной и среднесуточной температуры воздуха с лагом от 0 до 12 дней до дня смерти. Причем данные о смертности сначала усредняли с шагом 1°C, чтобы устранить случайный «шум» смертности. Это можно было сделать для всех температур кроме экстремальных, где для такого усреднения было недостаточно информации. Усреднение суточной смертности с указанным

шагом позволило получить значение минимума температурной кривой смертности, который условно называется «точкой максимального температурного комфорта», с точностью до одного градуса Цельсия.

Анализ временных рядов. После нахождения минимума температурной кривой смертности (около 20°C) мы использовали Пуассоновскую регрессионную модель ежедневной смертности M с учетом связи ее с температурой T и линейную регрессионную модель загрязнения P с учетом температуры, взятую с различными лагами:

$$\ln(M) = \text{Const}_M + \beta_M T_{lag} + \varepsilon(P) \quad (1)$$

$$P = \text{Const}_P + \beta_P T_{lag} + \varepsilon, \quad (2)$$

где ε – ошибка регрессии. При этом регрессию смертности с учетом связи с температурой производили отдельно для температурного интервала, в котором смертность возрастала с температурой (при $T > 20^\circ\text{C}$), и для температурного интервала, в котором смертность уменьшалась с температурой (при $T < 20^\circ\text{C}$). Раздельное моделирование температурных зависимостей смертности для теплого и холодного температурных интервалов позволило избежать сложной процедуры устранения сезонных колебаний смертности, которые изучали отдельно. Отметим, что лог-линейное уравнение (1) с постоянным углом наклона β_M предполагает, что зависимость смертности от температуры является экспоненциальной, а не линейной, как часто считается. Хотя для небольших температурных интервалов это различие может быть и несущественным, как, например, для теплого интервала $20^\circ\text{C} < T < 27^\circ\text{C}$, в случае холодного интервала (для Москвы примерно от -20°C до 20°C) гипотеза об экспоненциальном снижении смертности с температурой «работает» гораздо лучше, чем гипотеза о линейном снижении смертности с температурой. Варьируя интервал среднесуточных температур в Пуассоновском регрессионном уравнении (1), можно показать, что коэффициент β_M в остается приблизительно постоянным в диапазоне температур примерно от -10°C до 20°C и заметно увеличивается в области низких температур – в интервале от -20°C до -10°C , который надо изучать отдельно. Экстремально низкие температуры (ниже -20°C) встречаются настолько редко, что для них никаких достоверных зависимостей типа (1) – (2) вообще не удается установить.

Мещающий эффект загрязнения. Мы предположили, что зависимость ошибки регрессии от загрязнения $\varepsilon(P)$ при малых концентрациях загрязняющих

веществ (обычных в эпидемиологии) является линейной, и уравнение (1) приобрело следующий вид:

$$\text{Log } [E(M_t)] = \text{Const} + \beta T_{t-\text{lag}} + \gamma P_{t-\text{lag}} \quad (3)$$

где $E(M_t)$ – ожидаемая величина ежедневной смертности в день t . Однако в следствие сильной коллинеарности независимых переменных $T_{t-\text{lag}}$ и $P_{t-\text{lag}}$ регрессионные коэффициенты в уравнении (3) смешиваются, в виду чего нельзя точно установить, какая часть вариации смертности объясняется только температурой, а какая – только загрязнением. Коллинеарность в уравнении (3) связана с тем, что в жаркие дни загрязнение воздуха твердыми частицами и озоном достоверно увеличивается с повышением температуры воздуха, а зимой, наоборот, загрязнение воздуха частицами PM_{10} значимо растет в более холодные дни. Для разрешения проблемы мультиколлинеарности применена процедура замены переменных, вычтя температурную компоненту как из смертности, так и из загрязнения:

$$\text{Ln } M' = \text{Ln}M - \text{Ln}M(T) \quad (4)$$

$$P' = P - P(T), \quad (5)$$

Фактически, устранение температурных компонент, вычисленных в рамках системы уравнений (1) – (2), означает «десезонализацию» независимых переменных в уравнении (3). Именно поэтому если модель (3) записать относительно новых переменных M' и P' , то регрессионный коэффициент β будет равен нулю, а γ не будет зависеть от температуры, поскольку коллинеарность была уже устранена. Тогда степень смешивающего влияния загрязнения, то есть доля вариации смертности в модели (1), которая объясняется воздействием загрязнения, а не температуры как таковой, будет равна $\gamma\beta_P/\beta_M$. Эти доли вычисляют, конечно, отдельно для зимы и лета, но они могут суммироваться для озона и PM_{10} , если сами риски этих загрязнителей достаточно малы по сравнению с температурным риском смертности и эффект суммации для загрязнителей отсутствует.

При изучении «эффекта жатвы» полезно изучить свойства серийной корреляции (автокорреляции) смертности и других случайных величин. Для характеристики автокорреляции смертности, температуры и загрязнения в соседние дни использовали коэффициент корреляции Пирсона, который характеризует степень линейной взаимосвязи между двумя переменными r . Для качественной оценки тесноты корреляционной зависимости общепринятой является следующая классификация: $0,2 < r < 0,5$ – слабая корреляция, $0,5 < r < 0,7$

– средняя и $r > 0,7$ – сильная корреляция. Сильная серийная корреляция не позволяет изучать «эффект жатвы» с помощью обобщенных аддитивных моделей с распределенным лагом типа:

$$\text{Log}[E(M_t)] = \alpha + \beta_0 T_t + \beta_1 T_{t-1} + \dots + \beta_i T_{t-i} + \gamma_0 P_t + \gamma_1 P_{t-1} + \dots + \gamma_j P_{t-j}, \quad (6)$$

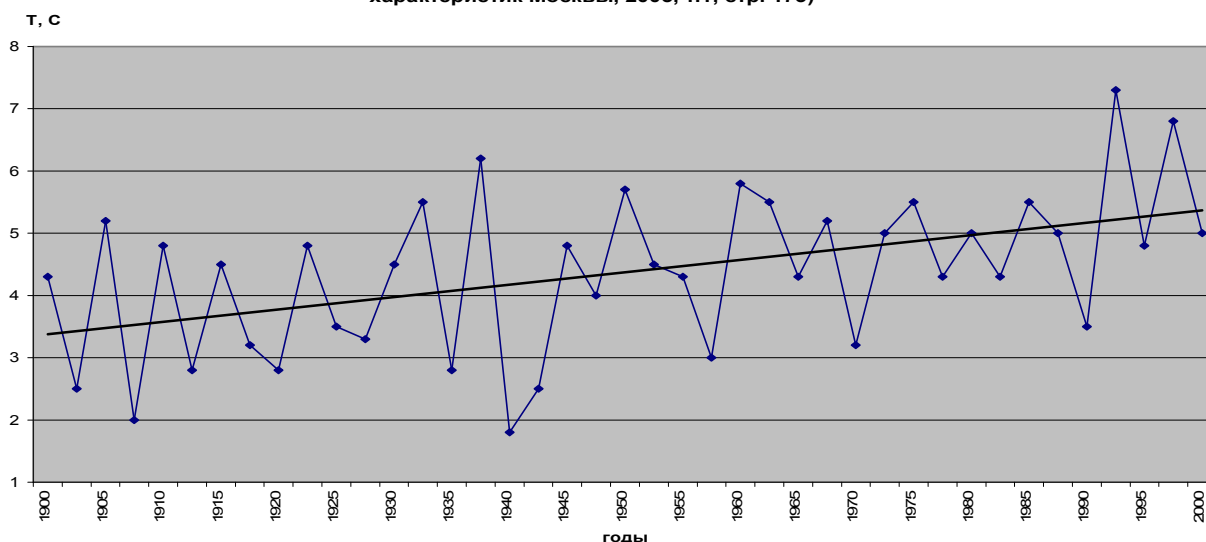
поскольку регрессионные коэффициенты в них начинают осциллировать, меняя знак. Поэтому при оценке вклада краткосрочной приближенной смертности в общий эффект тепловых волн мы руководствовались лишь самой динамикой суточной смертности во время и после тепловых волн, и наши оценки носят весьма приближенный характер. Кумулятивную (суммируемую за несколько дней) избыточную смертность всегда вычисляли по отношению к среднему многолетнему ожидаемому значению за соответствующий календарный период; полученный избыток считали достоверным, если «нулевую гипотезу» можно было отвергнуть с более чем 95%-ной вероятностью ($P < 0,5$).

Результаты

Глобальное потепление и температура воздуха в Москве за последние 100 лет

По данным детального описания особенностей климата Москвы, представленного в работах сотрудников Метеорологической обсерватории МГУ [Справочник эколого-климатических характеристик, М., 2003, 2005], следует, что с 1900 по 2000 гг. происходило постоянное потепление и среднегодовая температура выросла на $2,3^{\circ}\text{C}$ (рис.1).

Рис. 1. Колебания и тренды температуры воздуха за год (Справочник эколого-климатических характеристик Москвы, 2003, т.1, стр. 173)



Метеорологи отмечают, что процесс формирования внутривекового тренда аномалий годовой температуры в Москве ранее протекал не столь

однозначно. В условиях роста глобальной температуры в конце XIX в., в Москве температура устойчиво падала и устойчивый переход к аномалиям (выше 0⁰C) произошел только к 1980 г. (в мире – около середины 70-х гг.); среднегодовая температура в Москве продолжает постепенно расти. Рост температуры в Москве с 1975 по 2000 гг. значительно опережал темпы ее увеличения в целом в мире - 0,25⁰C и 0,13⁰C за 10 лет соответственно. Такие различия в интенсивности роста температуры возможно связаны с антропогенным воздействием мегаполиса.

За последние 5 лет рост среднегодовых и среднемесячных температур продолжался более стремительно, чем в предыдущие годы. Если с 1961 по 1990 гг. среднегодовая температура возросла до 5,0⁰C, а среднемесячные температуры в июле и августе до 18,4⁰C и 16,6⁰C, то в период 2000-2005 гг. эти показатели достигли 6,7⁰C, 20,9⁰C и 17,7⁰C соответственно (табл.1).

Таблица 1. Среднемесячная температура воздуха в период 1961-1990 гг. и за 2000-2005 гг. и изменение среднемесячных температур за последние 6 лет.

Месяц	1961 – 1990 гг. ¹	2000 - 2005 гг. ²	$\Delta T, ^0$
I	– 9,4	– 5,2	4,2 (3,4) ³
II	– 7,7	– 5,6	2,1 (1,0)
III	– 2,2	– 1,1	1,1
IV	5,8	8,1	2,3
V	13,3	13,3	0,0
VI	16,8	15,9	– 0,8
VII	18,4	20,9	2,6
VIII	16,7	17,7	1,1
IX	11,1	12,3	1,2
X	4,9	5,7	0,8
XI	– 1,4	– 0,1	1,3
XII	– 6,2	– 5,7	0,5
Год	5,0	6,3	1,3 (1,2)

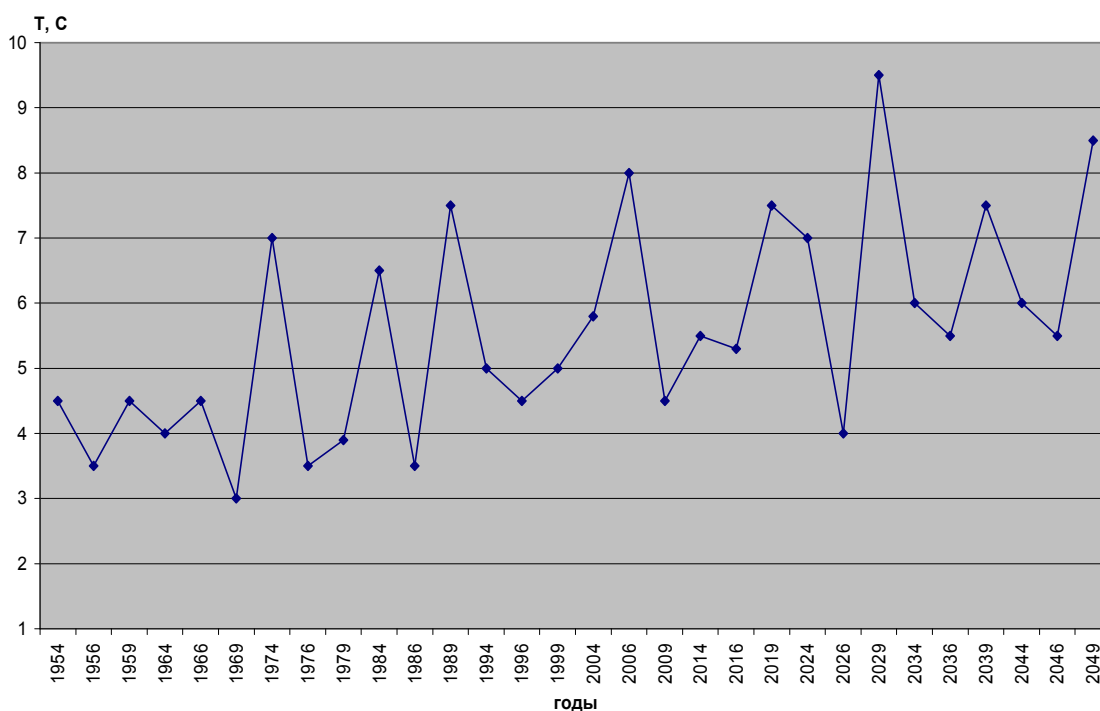
¹ Летопись погоды, климата и экологии Москвы 2001 год, Гидрометеиздат. 2003, Санкт-Петербург, с. 36

² Среднемесячные значения вычислены авторами из среднесуточных температур, представленных метеостанцией МГУ.

³ В скобках приведены результаты с учетом необычно холодных января и февраля 2006 г.

Согласно прогнозам, в Москве в течение всех месяцев (кроме ноября и декабря) будет наблюдаться повышение температуры, причем тренд по модельным данным хорошо согласуется с трендом за предыдущие годы по фактическим данным (рис.2).

Рис. 2 Изменение среднегодовой температуры в Москве (метеообсерватория МГУ) в 1954-2001 гг. и по модели ЕСНАМ4 до 2050 гг. (Шерстюков, 2005)



Потепление климата статистически достоверно на 95%, и даже на 99%-ном уровне статистической значимости. Это означает, что если разности среднемесячных температур ΔT , представленные в таб.1, считать случайными величинами, распределенными по нормальному закону, то, например, **95%**-ный доверительный интервал среднегодовой ΔT (95% CI) составит (0,8; 1,9), а величина t -статистики теста на отличие среднегодовой ΔT от нуля будет равна $t=3,6$.

Сезонное потепление зимой больше, чем летом. Так, ΔT в среднем за три зимних месяца составила $2,2^{\circ}\text{C}$, а за три летних месяца – всего $0,9^{\circ}\text{C}$. Причем разница статистически достоверна. И это всего за шесть последних лет по сравнению с предыдущими тридцатью! Сказанное, конечно, не означает, что потепление климата будет продолжаться и дальше такими же темпами. На самом деле оно происходит гораздо медленнее (рис.2), сейчас мы находимся на одном из «температурных пиков», предсказанных моделью ЕСНАМ₄, за ним должно последовать некоторое похолодание, о чем, вероятно, свидетельствует необычно холодная зима 2006 г. Однако сам факт быстрого роста температур за период 2000-2006 гг. заслуживает серьезного внимания, в том числе и в контексте влияния температурных аномалий на здоровье населения.

С ростом температуры климат становится все более неустойчивым, т.е. происходит его разбалансировка. В последние годы увеличилось число аномально холодных и аномально жарких дней. Для оценки числа дней с аномально высокими (летом) и аномально низкими (зимой) температурами, которые были зарегистрированы в Москве в период 2000-2005 гг., приняли следующее определение: аномальными считать дни со среднесуточными температурами, выходящими за пределы интервала температуры $mean \pm 2\sigma$, где $mean$ – исторически сложившиеся среднемесячная температура в течение за 1961-1990 гг., а σ – стандартное отклонение исторического распределения суточных температур в конкретном месяце. Таким образом, аномальными считают такие температуры, вероятность наблюдения которых, с соответствии с многолетними данными, составляет меньше 5%. Согласно многолетним измерениям, стандартное отклонение распределения среднесуточных температур в Москве, в июле равно $1,7^{\circ}\text{C}$, а в январе $3,5^{\circ}\text{C}$. Поэтому летом аномально жаркими следует считать дни с температурой в июне выше $20,2^{\circ}\text{C}$, в июле – выше $21,8^{\circ}\text{C}$ и в августе – выше $20,1^{\circ}\text{C}$ (табл.2). Зимой же аномально холодными следует считать дни со среднесуточной температурой ниже: $-13,2^{\circ}$ в декабре, $-16,4^{\circ}\text{C}$, в январе и в феврале $-14,7^{\circ}\text{C}$. Отметим, что данные температуры вовсе не кажутся уже такими «экстремальными», поскольку это среднесуточные температуры, а между тем, летом разница между максимальной и среднесуточной температурой может достигать 6–8 градусов и даже больше! Однако, как отмечают многие исследователи, есть основания утверждать, что именно среднесуточные, а не максимальные дневные температуры нужно считать мерой температурного стресса и рассматривать их как фактор риска для здоровья. Для оценки влияния на здоровье наибольший интерес представляют так называемые тепловые волны (летом) и волны холода (зимой), а именно, число последовательных дней с аномальными температурами.

Таблица 2. Число дней с аномально высокой температурой летом и аномально низкой зимой в период 2000 – 2005 гг. *

Год	Июнь ($20,2^{\circ}\text{C}$)	Июль ($21,8^{\circ}\text{C}$)	Август ($20,1^{\circ}\text{C}$)	Декабрь ($-13,2^{\circ}\text{C}$)	Январь ($-16,4^{\circ}\text{C}$)	Февраль ($-14,7^{\circ}\text{C}$)
2000	5	2	0	0	3	0
2001	4	20	7	10	0	4
2002	8	21	8	11	3	0
2003	0	12	4	0	6	3
2004	3	4	14	0	0	2

Год	Июнь (20,2 ⁰ С)	Июль (21,8 ⁰ С)	Август (20,1 ⁰ С)	Декабрь (-13,2 ⁰ С)	Январь (-16,4 ⁰ С)	Февраль (-14,7 ⁰ С)
2005	3	7	8	0	0	0
2006	-	-	-	-	10	14

* В скобках даны пороговые значения аномальных температур (⁰С)

В зимний период года такая волна холода наблюдалась в 2006 г., когда число дней с экстремальными (для Москвы) морозами составило 10 дней в январе и 14 дней в феврале. В другие годы (2000-2005 гг.) в среднем на один зимний месяц приходилось два дня с экстремальными морозами, что соответствует норме.

По сравнению с зимним периодом в летнее время года число дней с температурными аномалиями заметно увеличилось – их стало в среднем 7 за один летний месяц. Особенно обращают на себя внимание июль 2001 г. и июль 2002 г., когда было зафиксировано соответственно 20 и 21 день с экстремальной жарой – а это уже больше половины количества дней в месяце! Именно эти два месяца представляют интерес с точки зрения изучения влияния тепловых волн на здоровье населения. В целом наши данные подтверждает вывод о наблюдаемом в Москве заметном потеплении климата, что выражается и в увеличении частоты экстремальных погодных явлений – в данном случае амплитуды и повторяемости аномальной жары летом. На население, которое в основной своей массе привыкло к погоде, сформировавшейся именно в относительно спокойный климатический период 1960 – 1990 гг., наблюдаемые в последние годы эпизоды экстремальной жары могут оказать весьма ощутимое влияние.

Качество атмосферного воздуха в Москве в период 2000-2005 гг.

Качество атмосферного воздуха Москвы в значительной степени определяется количеством загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу с выбросами промышленных предприятий, энергетических установок и автотранспорта. Стремительный рост числа автомобилей в городе, переваливающий за 3 млн., естественно приводит и к увеличению количества поступающих с выхлопами в атмосферу загрязняющих веществ, но требованиям ЕВРО1-3, соответствует только треть автомобильного парка города. На выбросы же промышленности и топливно-энергетического комплекса столицы приходится лишь 17% суммарных выбросов [Доклад о состоянии окружающей среды в Москве в 2003 г.].

Контроль за качеством атмосферного воздуха в Москве традиционно осуществляет территориальное подразделение Росгидромета и созданная в 2002 г. специальная организация Департамента природопользования и охраны окружающей среды Москвы «Мосэкомониторинг». По данным Росгидромета, с 1988 по 1997 гг. происходило снижение концентрации взвешенных веществ и диоксида серы при некотором росте концентрации диоксида азота и оксида углерода в воздухе. Более современная система контроля качества воздуха осуществляется в городе Мосэкомониторингом, который контролирует загрязнение воздуха на 26 автоматических станциях. Ниже представлены среднегодовые концентрации загрязняющих веществ в воздухе Москвы за 2003-2005гг. (по данным Мосэкомониторинга).

Концентрации мкг/м³	О₃	PM₁₀
Минимальная	3,00	9,00
Максимальная	73,00	164,00
Средняя	23,45	33,49
Статистическое отклонение	12,19	18,79
Число дней	1093	1000

Уровень загрязнения атмосферного воздуха в Москве большинством веществ примерно соответствует данным показателям в других столицах мира, но концентрация PM₁₀ в нашем городе несколько выше, чем, скажем, в Париже, Лондоне или Стокгольме [Бюллетень..., 2005].

Регрессионный анализ показал, что среднесуточные концентрации PM₁₀ не обнаруживают тенденции к повышению или снижению, а среднесуточные концентрации озона имеют тенденцию к снижению - от 30 до 20 мкг/м³ в среднем за период 2003-2005 гг. (соответствующий *t*-тест для угла наклона регрессионной прямой *t*=-8,47). Средние значения концентраций указанных загрязняющих веществ в зимний и летний периоды представлены в табл. 3.

Таблица 3. Среднесезонные концентрации загрязняющих веществ за 2003-2005 гг, мкг/м³

Сезон	Число дней	Средняя концентрация,	Статистическое отклонение	Статистическая ошибка среднего
ОЗОН				
Зима	268	19,3	8,8	0,054
Лето	276	26,2	10,2	0,061
PM₁₀				
Зима	209	30,7	17,4	0,12
Лето	266	33	13,2	0,08

Разность между средними зимними и летними концентрациями озона является статистически достоверной. Для разности средней летней и зимней концентраций озона $t=8,5$. Для PM_{10} достоверных сезонных различий не выявлено.

Концентрация озона летом больше, чем зимой, примерно на 37% (в 2003 г. эта разница достигла даже 50%). Летнее увеличение концентрации озона регистрируется во всем мире; оно связано с повышенной инсоляцией летом в средних широтах, что способствует образованию фотохимического смога в городах. Средняя зимняя концентрация PM_{10} , напротив, примерно равна средним летним значениям. Это означает, что влияние энергетики зимой нивелируется более интенсивным движением автотранспорта летом.

Зависимость качества атмосферного воздуха от вида используемого топлива наглядно демонстрирует ситуация, сложившаяся 25 мая 2005 г., когда в результате аварии на подстанции "Чагино" Москва перешла на резервное топливо (мазут). В этот день были зарегистрированы более высокие, чем обычно, среднесуточные концентрации озона (21 мкг/м^3) и PM_{10} (71 мкг/м^3). Статистический анализ многолетнего распределения среднесуточных концентраций показал, что уровень PM_{10} в день аварии превысил величину $mean+2\sigma$ соответствующего распределения, т. е. загрязнение воздуха было аномально высоким (вероятность достижения таких концентраций составляет менее 5%).

Зависимость концентраций загрязняющих веществ от температуры воздуха

В летний сезон года концентрация загрязняющих веществ возрастает в более жаркие дни, т.е. краткосрочные колебания концентрации «повторяют» колебания температуры. Это следует из анализа простых регрессионных уравнений типа (2), в которых лаг может быть как отрицательным (температуру берут за несколько дней до «референтного»), так и положительным (температуру выбирают через несколько дней после «референтного»).

Относительная степень статистической связи концентрации озона и PM_{10} с температурой воздуха летом, взятой с различными лагами, представлена на рис.3. Для озона наиболее сильная зависимость концентрации от температуры наблюдается при нулевом лаге ($t = 8,1$), а зависимость от температуры соседних дней снижается быстрее, чем для PM_{10} , и заканчивается на минус 3-й и плюс 4-й день. Для PM_{10} самая существенная зависимость прослеживается от

температуры того же дня ($t = 8,8$), а зависимость от температуры предыдущих дней снижается медленнее, чем для озона, и продолжается до плюс 4-го и по крайней мере до минус 6-го дня.

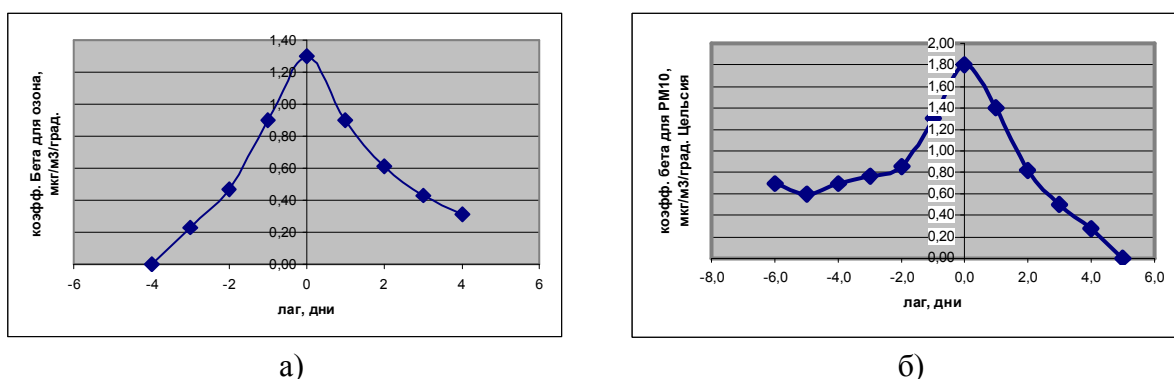


Рис. 3. Зависимость регрессионных коэффициентов концентрации озона (а) и PM₁₀ (б) на температуру от лага до или после «референтного» дня (данные за три лета 2003, 2004 и 2005 гг.)

Уровень загрязнения атмосферного воздуха тесно связаны как с температурой того же дня, так и с температурой соседних дней. Причина этого состоит в том, что температура соседних дней не является независимой величиной. Характерные периоды краткосрочного изменения температуры, как было показано в работе [Keatinge and Donaldson, 2001] для Лондона, составляют до 8 - 10 дней в каждую сторону от «референтного» дня, то есть характерная длина температурных волн должна быть 16 - 20 дней. Для Москвы среднесуточные летние температуры остаются статистически связанными друг с другом по крайней мере более чем за ± 6 дней (рис.4).

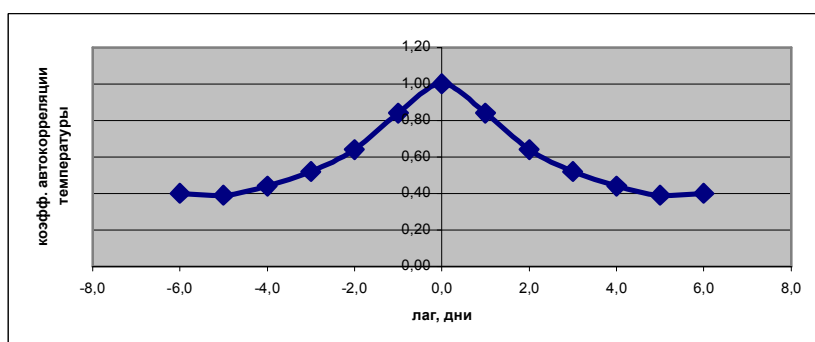


Рис.4. Зависимость коэффициента автокорреляции среднесуточной температуры в Москве от лага (данные за три лета 2003, 2004 и 2005 гг.)

Особый интерес представляют данные о концентрации загрязняющих веществ в период высоких аномальных температур, так как в эти дни происходит суммация негативного влияния на здоровье населения летней жары и высоких концентраций загрязняющих веществ. К сожалению, в 2001 и

2002 г., когда в Москве наблюдались две сильнейшие тепловые волны, система Мосэкомониторинга полностью не функционировала. Однако из рис. 5 хорошо видно, что во время тепловой волны 18–24 августа 2004 г. концентрации NO_2 , O_3 и PM_{10} точно повторяли «горб» температуры, опережая температурную волну на один день.

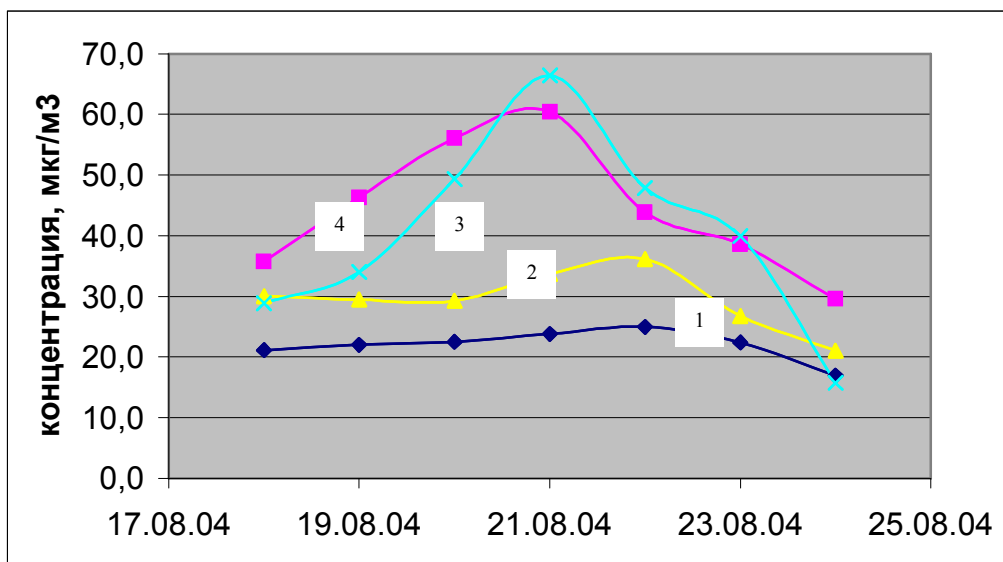


Рис. 5. Изменение температуры (кривая 1) и концентрации загрязняющих веществ NO_2 , O_3 и PM_{10} в атмосферном воздухе (кривые 2-4, соответственно) во время тепловой волны в августе 2004 г.

В день с максимальной температурой (25°C) – 22 августа, резко возросли концентрации загрязняющих веществ – в тот же день для озона (кривая 2) и в предыдущий день для NO_2 и PM_{10} (кривые 3 и 4), причем концентрация PM_{10} достигла соответствующего среднего значения ($+2\sigma$), так что она очень «чутко» отреагировала на температуру. Отсюда следует весьма важный вывод для последующей интерпретации результатов множественной регрессии смертности на температуру и загрязнение. При столь тесной связи между температурой и загрязнением выделить влияние загрязненного атмосферного воздуха на смертность на фоне тепловых волн весьма сложно. В некоторых работах указывается доминирующее влияние озона на избыточную смертность во время тепловых волн [Kysely, 2004].

В зимний период года концентрация взвешенных веществ в воздухе увеличивается по мере снижения температуры. Из рис.6 видно, что регрессионные коэффициенты в уравнении (2) для PM_{10} отрицательны, а сама зависимость от лага поэтому «опрокинута» вниз: зимой чем холоднее, тем больше загрязнение твердыми частицами. Наиболее сильная зависимость

наблюдается от температуры предыдущего дня, а ее относительная сила примерно такая же, как и летом ($t=-7,1$). Связь между температурой и концентрацией носит длительный характер - 6 дней и более, что объясняется худшими условиями рассеяния в зимнее время года. Иная зависимость просматривается для концентрации озона, которая увеличивается с повышением температуры.

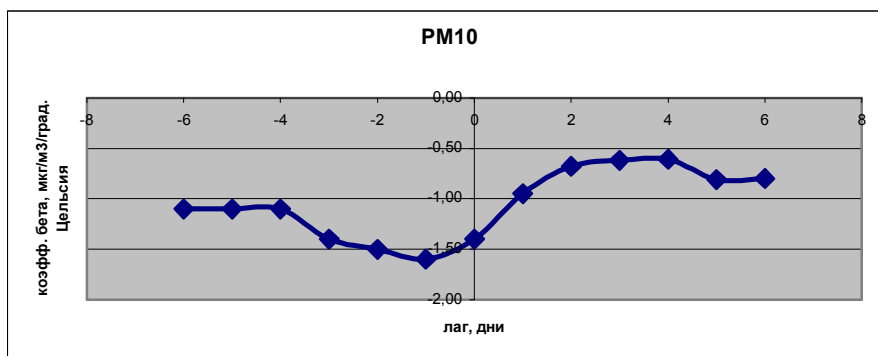


Рис. 6. Зависимость регрессионного коэффициента концентрации PM_{10} на температуру до или после «референтного» дня (данные за три зимы 2003, 2004 и 2005 гг. в Москве)

В зимнее время года сила автокорреляции температуры в соседние дни уменьшается с увеличением лага быстрее, чем летом (рис.7).

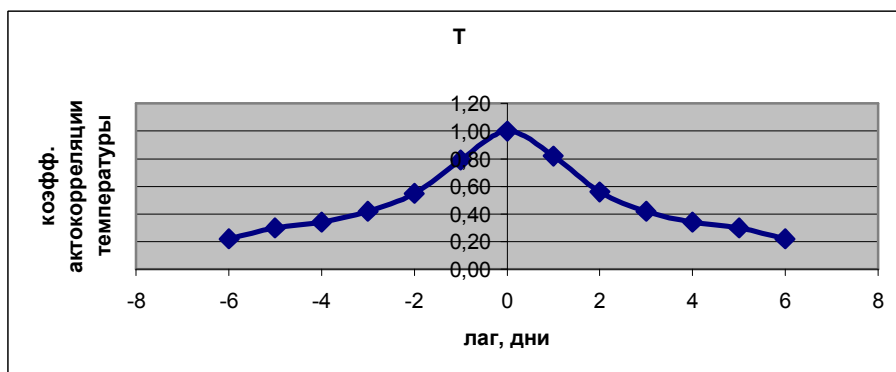


Рис.7. Зависимость коэффициента автокорреляции среднесуточной температуры от лага до и после референтного дня (данные за три зимы 2003, 2004 и 2005 гг. в Москве)

Влияние температурных условий и качества воздуха на смертность населения Москвы

Описательная статистика смертности. Для оценки влияния температурных условий и качества воздуха на показатели смертности анализировали преимущественно причины смерти от сердечно-сосудистых заболеваний и заболеваний органов дыхания. Отдельно были рассмотрены

причины смертности в старшей возрастной группе свыше 75 лет. Полученные данные и их статистические параметры представлены в табл.4.

Таблица 4. Статистические параметры изученных причин смерти за 2000 –2005 гг.(число случаев в день)*

Причина смерти	Минимальное	Максимальное	Среднее значение	Статистическое отклонение
Все, кроме внешних	255 / 91	586 / 302	331,2 / 141,3	30,41/ 18,48
ИБС и стенокардия	73 / 29	229 / 147	114,5 / 62,11	15,34 / 10,45
Цереброваскулярные	35 / 16	142 / 85	68,50 / 40,99	10,85 / 8,07
ХЗНДП**	0 / 0	12 / 7	3,62 / 1,48	1,962 / 1,29

* Данные в числителе относятся ко всем возрастным группам, в знаменателе - к населению свыше 75 лет;

** Хронические заболевания нижних дыхательных путей

Относительная ошибка среднесуточной смертности как случайной величины по любой из причин больше в старшей возрастной группе, чем среди населения в целом. Смертность от ХЗНДП варьирует день ото дня сильнее всего: стандартное отклонение функции распределения суточной смертности достигает 54% от среднего значения для всех возрастов и 87% от среднего значения для группы пожилых людей. Большая относительная ошибка в этой категории смертности связана прежде всего с малой величиной ежедневной смертности. Число ежедневных смертей от ХЗНДП изменяется в пределах от 0 до 12 для всех возрастов и от 0 до 7 - для группы пожилых людей.

Ежедневная смертность как случайная величина обладает свойством автокорреляции. Это означает, что смертность меняется не хаотически день ото дня, а волнами, хотя и не такими заметными, как температура воздуха. Как показывает, например, сравнение рис.4 и 8, сила автокорреляции среднесуточной температуры больше, чем сила автокорреляции ежедневной смертности.

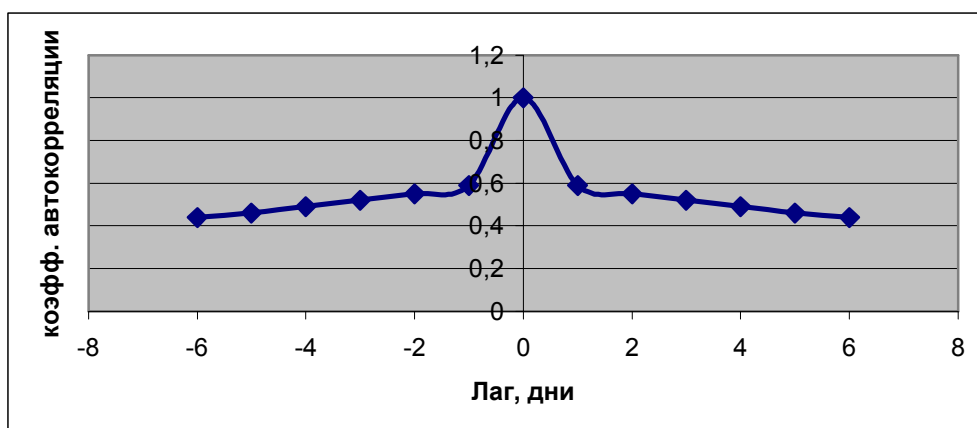


Рис. 8. Зависимость коэффициента автокорреляции ежедневной смертности по естественным причинам от лага для всех возрастов

Автокорреляция смертности от других причин аналогична, но ее сила варьирует в зависимости от причины смерти и возрастной группы. В табл. 5 представлены значения коэффициента автокорреляции причин смерти в порядке убывания ее силы.

Таблица 5. Значения коэффициентов автокорреляции некоторых причин смерти с лагом 1 день*

Причина смерти	Коэффициент автокорреляции Пирсона	t-тест
Все, кроме внешних	0,59 / 0,57	31 / 29
ИБС и стенокардия	0,48 / 0,45	23 / 21
Цереброваскулярные заболевания	0,43 / 0,38	20 / 17
ХЗНДП	0,09 / 0,03	3,9 / 1,4

* Данные в числителе относятся ко всем возрастным группам, в знаменателе - к возрастной группе свыше 75 лет

Самая слабая автокорреляция наблюдается по причинам ХЗНДП, и в возрастной группе свыше 75 лет она пропадает вовсе (становится статистически незначимой, $t < 2$). Результаты табл.5 позволяют утверждать, что смертность как случайная величина не хаотически «скачет» день ото дня, а подчиняется определенным закономерностям: величины смертности в соседние дни оказываются довольно жестко связанными друг с другом. Отметим, что эта связь, хотя и сильная, носит статистический, вероятностный, а не детерминистский характер.

Факт наличия автокорреляции смертности имеет прямое отношение к интенсивно обсуждаемому в мировой эпидемиологической литературе «эффекту жатвы». Например, этот эффект был описан в России после проведения антиалкогольной кампании. В 1985-1987 гг. произошло резкое снижение смертности и увеличение ожидаемой продолжительности жизни, но затем в 1992-1994 гг. был отмечен беспрецедентный подъем смертности, в результате которого ожидаемая продолжительность жизни упала на 6 лет у мужчин и на 3 года у женщин [Неравенство и смертность в России..., 2000].

Сезонные изменения смертности от всех причин, кроме внешних. Для оценки плавных сезонных изменений смертности на фоне резких скачков ежедневной смертности использовали метод усреднения первичных данных о суточной смертности методом «скользящего окна» шириной 30 дней. Ширина «окна» должна быть достаточно велика, чтобы усреднить случайные

колебания изучаемого показателя день ото дня, и в то же время достаточно мала, чтобы не упустить медленные сезонные изменения (рис.9). Усредненная таким образом ежедневная смертность является аналогом среднемесячной смертности, с тем лишь различием, что вычисляется не с 1 по 30 или 31 число каждого месяца, а определяется для любого 30-дневного периода.

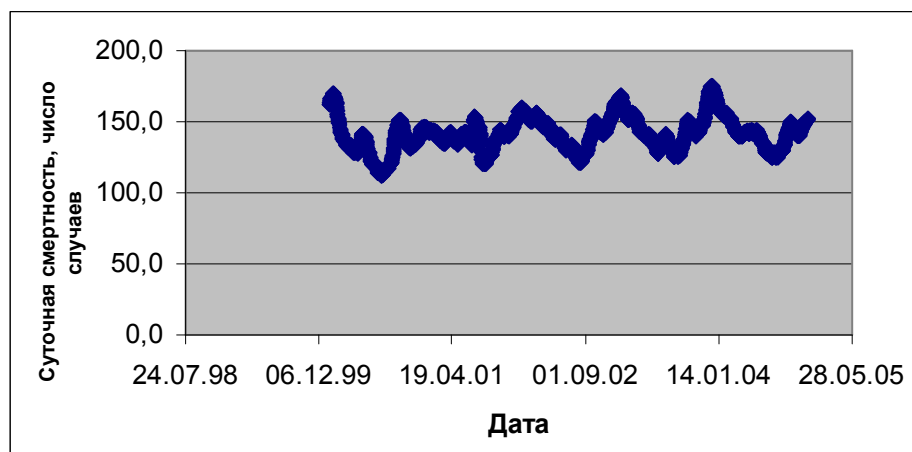


Рис. 9. Сезонные колебания смертности от всех причин кроме внешних в возрастной группе свыше 75 лет. (Усреднение с шириной «скользящего окна» 30 дней за пять лет – с 2000 по 2004 гг.)

На представленном рисунке отчетливо видны пять летних минимумов (2000 – 2004 гг.) и пять зимних максимумов средней 30-дневной смертности. Соответствующие летние значения сезонных минимумов смертности равны 112, 121, 121, 125 и 125, а зимних - 170, 146, 158, 168 и 175 случаев в день. Разность полученных значений можно назвать амплитудой сезонных колебаний смертности. На основании полученных оценок можно утверждать, что у пожилых людей вероятность умереть зимой примерно на одну треть выше, чем летом. Кроме сезонных колебаний мы также исследовали основную тенденцию смертности в среднем за период 2000-2004 гг. В категории смертности от всех естественных причин среди пожилых людей наблюдался небольшой, но статистически значимый ($t=8,9$) рост: ежедневная смертность возросла примерно на 6%. Амплитуда сезонных колебаний естественной смертности для всех возрастов несколько меньше (26%), чем у группе свыше 75 лет (35%), что подтверждает повышенную чувствительность пожилых людей к сезонным изменениям климата Москвы.

В зарубежной литературе избыточная зимняя смертность определяется как отношение смертности в зимний период (с декабря по март включительно) к смертности в среднем за все остальные месяцы [Heady, 2003]. Очевидно, что

рассчитанная в соответствии с таким определением избыточная зимняя смертность должна быть гораздо меньше, чем определенная нами амплитуда сезонных колебаний смертности. Например, для Москвы избыточная зимняя смертность от всех естественных причин для населения в целом составит около 8%, а в возрастной группе свыше 75 лет около 11%.

Сезонные изменения смертности от ХЗНДП. Смертность по этой причине для всех возрастов имела слабую статистически значимую ($t=-7,4$) тенденцию к снижению: за пять лет (в период 2000-2004 гг.) среднесуточная смертность в данной категории снизилась примерно на 10%. Сезонная смертность от ХЗНДП различается в два раза. Пять летних минимумов усредненной за 30 дней смертности от ХЗНДП для всех возрастов за указанный период составляют 2,10, 2,63, 2,33, 2,70 и 2,00, а пять зимних максимумов, соответственно: 5,30, 4,23, 5,00, 5,10 и 5,73 случаев в день. Для пожилых людей в возрасте 75 лет и старше максимальная зимняя смертность, усредненная за 30 дней, была в 2,8 раза больше минимальной летней. Вместе с тем сезонные максимумы и минимумы этой кривой очень сильно «разбросаны». Например, в 2001 г. среднемесячная зимняя смертность в данной категории превышала летнюю в 2 раза, а в 2002 г. - в 4 раза. Центральная тенденции смертности за период 2000-2004 гг. не наблюдалась.

Сезонные изменения смертности от ИБС, стенокардии и инфаркта мозга. В табл.6 приведены средние суточные показатели смертности по месяцам от ИБС и стенокардии, а также от инфаркта мозга (табл. 7) для различных возрастных групп за период с января 2000 г. по февраль 2006 г.

Таблица 6. Месячный ход смертности от ИБС и стенокардии (число случаев в день) для разных возрастных групп в Москве за январь 2000 – февраль 2006 гг.

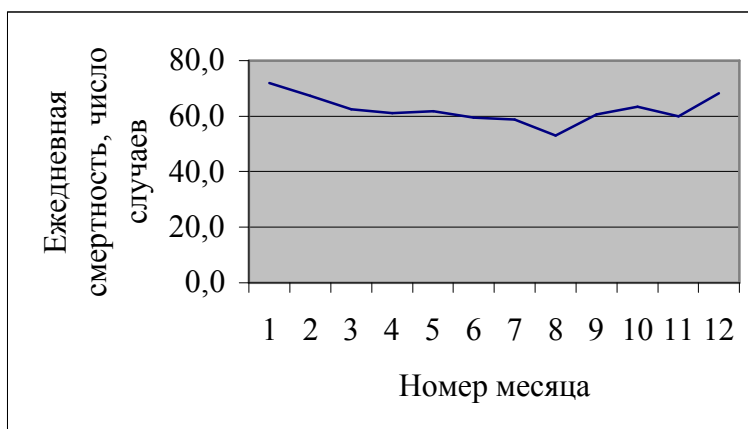
Месяц	0-59 лет	60-74 лет	Свыше 75 лет	Все возраста
Январь	15,7	40,6	70,0	126,3
Февраль	14,3	37,6	67,1	119,0
Март	14,0	37,7	63,9	115,6
Апрель	13,9	36,2	62,1	112,2
Май	14,6	38,4	62,1	115,1
Июнь	14,6	34,7	59,5	108,8
Июль	13,7	34,2	57,6	105,5
Август	14,1	32,5	53,3	99,8
Сентябрь	14,3	36,3	60,4	110,9
Октябрь	14,7	36,7	63,3	114,7
Ноябрь	14,6	35,1	60,5	110,2
Декабрь	15,0	38,0	68,6	121,5
Минимальное	13,9	32,5	53,3	99,8

Месяц	0-59 лет	60-74 лет	Свыше 75 лет	Все возраста
значение				
Месяц минимума	Апрель	Август	Август	Август
Максимальное значение	15,7	40,6	70,0	126,3
Месяц максимума	Январь	Январь	Январь	Январь
Max / min, %	113	125	131	127

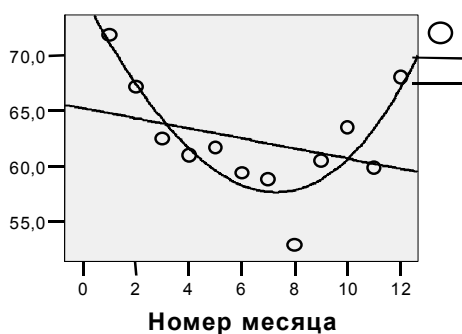
Таблица 7. Месячный ход смертности от инфаркта мозга (число случаев в день) для разных возрастных групп в Москве за январь 2000 – февраль 2006 гг.

Месяц года	0-59 лет	60-74 лет	Свыше 75 лет	Все возрастные группы
Январь	1,81	9,5	13,6	24,9
Февраль	1,69	8,4	13,2	23,3
Март	1,87	8,3	12,3	22,5
Апрель	1,84	8,5	11,9	22,2
Май	1,92	7,8	12,0	21,7
Июнь	1,80	7,7	12,0	21,6
Июль	2,02	8,4	11,2	21,6
Август	1,45	7,0	10,2	18,6
Сентябрь	1,69	7,7	11,2	20,6
Октябрь	1,88	8,3	12,9	23,1
Ноябрь	1,79	8,1	12,2	22,1
Декабрь	1,83	8,3	13,6	23,7
Миним. значение	1,45	7,0	10,2	18,6
Месяц минимума	Август	Август	Август	Август
Макс.знач.	2,02	9,5	13,6	24,9
Месяц максимума	Июль	Январь	Январь	Январь
Max / min, %	139	135	134	134

Как видно из Табл.6 и 7, смертность от сердечно-сосудистых заболеваний имеет ярко выраженный сезонный характер во всех возрастных группах кроме группы 0-59 лет. Для возрастных групп 60-74 и свыше 75 лет, а также для всего населения смертность в среднем за изученный период была минимальна в августе и максимальна в январе, причем разность между ними составила до 31% для ИБС и до 35% в случае инфаркта мозга. Возрастная группа свыше 75 лет вносит наибольший вклад в смертность по данным причинам для всех возрастов - 54%, поэтому сезонная тенденция динамики смертности для всех возрастов определяется доминирующим вкладом именно этой группы (рис. 10).



а)



б)

Рис. 10. Годовое изменение среднемесячной смертности от ИБС в возрастной группе выше 75 лет (а) и параболическая аппроксимация зависимости (б).

Температурная кривая смертности и определение зоны температурного комфорта

Минимум температурной кривой общей смертности очень четко выражен в диапазоне температур 18-20°C (рис.11), поэтому этот диапазон можно считать зоной температурного комфорта для населения Москвы. Более точный регрессионный анализ показал, что минимум температурной кривой смертности для Москвы находится вблизи 20°C. Основную часть графика занимает линейный участок снижения смертности с повышением среднесуточной температуры, который простирается примерно от -10 до 19°C. Важный результат заключается в том, что при вариации временного лага от 0 до 12 дней самый «крутой» угол наклона левого, нисходящего, участка кривой получается, если брать температуру с лагом 3 дня. Интересно, что точно такой же вывод был получен для Лондона в работе, где было установлено линейное снижение смертности с ростом температуры от 0 до 15°C [Летопись погоды, климата и экологии Москвы, 2003]. Таким образом, эффект холодных

температур ниже 19°C является отсроченным, в отличие от эффекта высоких температур 20°C, являющегося мгновенным, иными словами самая сильная зависимость смертности от температуры наблюдается при нулевом лаге. Ниже примерно -10°C температурная кривая смертности начинает загибаться вверх – ее угол наклона увеличивается (имеет нелинейный характер).

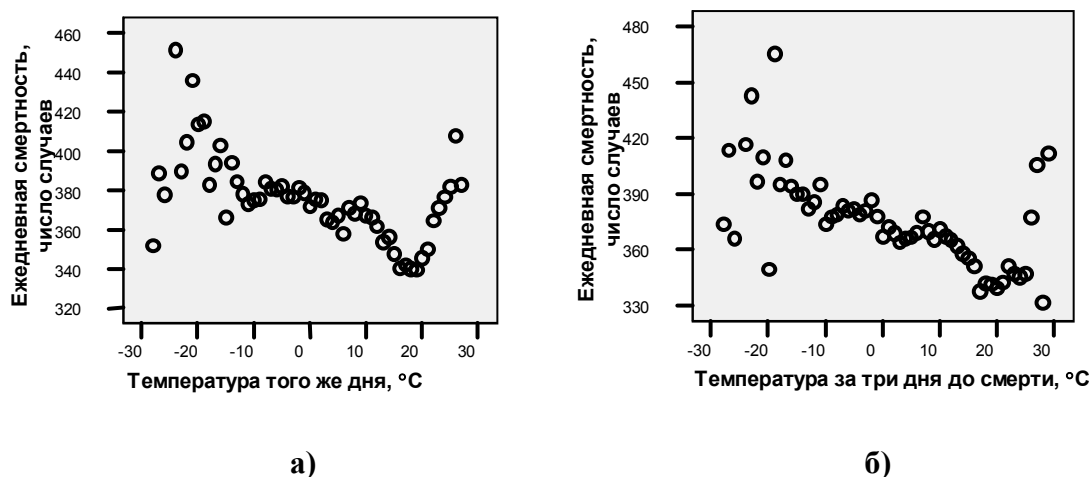


Рис. 11. Зависимость ежедневной смертности в Москве от температуры воздуха того же дня (а) и от температуры воздуха за три дня до смерти (б)

Для каких-либо выводов о характере зависимости в области экстремально низких температур (менее -20°C) пока недостаточно данных, поскольку за весь изученный период (январь 2000 – февраль 2006 гг.) подобных дней было всего 13 (подчеркнем еще раз, что везде идет речь именно о среднесуточных, а не максимальных или минимальных суточных температурах).

Температурные коэффициенты смертности от отдельных причин. Результаты регрессионного анализа с использованием Пуассоновской модели (1) приведены в табл.8. Для характеристики относительной силы корреляционной связи все риски приведены с соответствующими 95%-ными доверительными интервалами. Для смертельных случаев от всех причин (кроме от ХНЗП в возрастной группе свыше 75 лет) связь между температурой и смертностью была установлена на 95%-ном уровне статистической значимости.

Таблица 8. Относительное изменение суточной смертности, соответствующее приросту среднесуточной температуры на 1°C

Причина смерти	Возрастная группа	ΔRR , % (95% CI) при - 10°C < T < 20°C	Лаг максима льного эффекта, число дней до смерти	ΔRR , % (95% CI) при T > 20°C	Лаг максимального эффекта, число дней до смерти
Все кроме внешних	Все возрасты	-0,49 (-0,53; -0,45)	3	2,8 (2,0; 3,6)	0
	Свыше 75 лет	-0,65 (-0,71; -0,59)	3	3,3 (2,1; 4,5)	1
ИБС и стенокардия	Все возраста	-0,57 (-0,63; -0,51)	3	2,7 (1,7; 3,7)	0
	Свыше 75 лет	-0,69 (-0,77; -0,61)	3	3,1 (1,7; 4,5)	0
Цереброваскуляр ные заболевания	Все возраста	-0,78 (-0,86; -0,70)	6	4,7 (3,5; 5,9)	1
	Свыше 75 лет	-0,92 (-1,02; -0,82)	6	5,3 (3,7; 6,9)	1
ХЗНДП	Все возраста	-1,31 (-1,75; -0,87)	4	8,7 (,7; 16,7)	0
	Свыше 75 лет	-1,21 (-1,93; -0,49)	5	-	

В табл.8 изменение риска смертности $\Delta RR/1^\circ\text{C}$ имеет смысл производной температурной кривой смертности. Постоянная величина этой производной в указанных температурных интервалах означает, что зависимость смертности от температуры носит экспоненциальный характер. Отрицательные риски означают, что смертность снижается с ростом температуры, в полном соответствии с рис. 15.

Сравнение показателей смертности в разных возрастных группах свидетельствует о том, что в отношении всех причин смерти угол наклона регрессионной прямой в возрастной группе свыше 75 лет всегда круче, чем в группе, куда включены все возраста. Это означает, что пожилые люди сильнее реагируют на колебания температуры.

Амплитуда температурного прироста смертности довольно велика. Для смертности от ХЗНДП она максимальна. Если считать от «точки максимального температурного комфорта» (20°C), то, используя полученный температурный коэффициент смертности, можно предсказать, что в экстремально жаркие дни с температурой 27°C (более высокие среднесуточные температуры в Москве практически не наблюдаются) прирост смертности от ХЗНДП может достигнуть 84%! Эта теоретическая оценка хорошо согласуется с фактически

наблюдавшимся во время тепловых волн в Москве приростом смертности от ХЗНДП - 81%. В связи с этим необходимо применение специальных профилактических мер по защите населения в такие дни.

Аналогичным образом можно рассчитать, что в холодные дни (-10°C) смертность от ХЗНДП должна возрасти примерно на 50%. Однако, как показывает приведенный выше анализ сезонных колебаний смертности в этой категории, зимой она фактически возрастает более чем в 2 раза. Это указывает, по-видимому, на недооценку приведенного в табл.8 регрессионного коэффициента смертности от ХЗНДП в области холодных температур. Что же касается амплитуды температурного прироста смертности от всех естественных причин, то, по нашей теоретической модели, ее прирост по сравнению с минимальным значением (в точке температурного комфорта) может достигнуть 20% в экстремально жаркие дни и 15% в холодные дни. Эта оценка в целом согласуется с наблюдавшимся приростом естественной смертности во время тепловых волн (32% в 2001 г. и 10% в 2002 г.) и во время холодных волн 2006 г. (около 10%).

Влияние экстремально низких температур на смертность. Для определения влияния низких температур (ниже -10°C , что соответствует 7%-ному перцентилю многолетнего распределения среднесуточных температур в Москве) была отдельно исследована модель (1) в диапазоне среднесуточных температур воздуха от -20°C до -10°C . Угол наклона регрессионной прямой в Пуассоновской модели зависимости естественной смертности от температуры воздуха, выраженный как процентное возрастание смертности, составил в этом интервале $\Delta RR/1^{\circ}\text{C} = -0,65\%$ (уровень статистической значимости коэффициента смертности $P=0,007$). Таким образом, абсолютная величина угла наклона возрастает примерно на одну треть по сравнению с углом наклона этой же прямой в интервале температур от -10°C до $+20^{\circ}\text{C}$, где $\Delta RR/1^{\circ}\text{C} = -0,49\%$. Зависимость смертности от температуры фактически состоит из двух экспонент с разными показателями степени, соответствующими температурам ниже -10°C и выше -10°C . Эту зависимость во всем диапазоне температур (от -20°C до 20°C) даже приблизительно нельзя считать линейной. Для иллюстрации этого факта укажем, что если аппроксимировать ее ломаной линией с изломом в точке -10°C , то падение среднесуточной температуры на каждый 1° в интервале от -10°C до 20°C приведет к возрастанию ежедневной смертности в Москве в среднем на 1,6 случая, в то время как снижение

среднесуточных температур на каждый 1° в интервале от -20°C до -10°C повлечет прирост ежедневной смертности уже в среднем на 6,9 случая, то есть «наилучшая» прямая становится в четыре раза круче. Точка излома -10°C выбрана здесь условно, для иллюстрации, поскольку истинное поведение кривой смертности должно быть плавным и не имеет никаких изломов.

Тепловые и холодовые волны. Интерес к изучению тепловых и холодовых волн возник недавно, и в немалой степени благодаря установленной климатологами взаимосвязи между общим потеплением климата и увеличением частоты возникновения и силы экстремальных погодных явлений как следствия разбалансировки глобальной квазиравновесной климатической системы. В эпидемиологической литературе формальные определения тепловых волн выражают через максимальные суточные, а холодовых – через минимальные суточные температуры воздуха. Например, для Голландии были даны такие определения: тепловая волна должна состоять как минимум из 5 последовательных дней, во время которых максимальная суточная температура превышает 25°C , из них по крайней мере три дня должны иметь максимальную суточную температуру выше 30°C . Во время холодовой волны минимальные суточные температуры должны быть ниже -5°C в течение как минимум 9 последовательных дней, из которых как минимум 6 дней должны иметь минимальные суточные температуры ниже -10°C [Hiinen et al., 2001]. Такие определения означают, что холодовая волна должна быть длиннее, чем тепловая, что соответствует общей закономерности (подтвержденной и нашим исследованием): влияние холодных температур на смертность имеет отсроченный характер, а влияние экстремальной жары проявляется в тот же день. На наш взгляд, тепловые и холодовые волны правильнее определять через среднесуточные температуры, поскольку именно они служат мерой температурного стресса на организм человека. Принимая во внимание неизбежную условность подобных определений, мы также считаем, что они должны носить локальный характер, то есть соответствовать вероятности многолетних наблюдений экстремальных температур в данной местности, поскольку люди как «рецепторы» погодных явлений адаптируются к окружающей среде места проживания.

Для целей данной работы мы определили холодовые волны через 1%-ный и 3%-ный перцентили многолетнего распределения среднесуточных температур в Москве, а тепловые волны, соответственно через 99%-ный и 97%-

ный персентили. Следуя данному подходу, мы вычислили соответствующие персентили за изученный период (с января 2000 по февраль 2006 гг.), и предлагаем следующие определения:

Во время холодной волны в Москве среднесуточные температуры должны быть ниже $-14,4^{\circ}\text{C}$ в течение не менее 9 последовательных дней, из которых в течение как минимум 6 последовательных дней должна быть температура ниже $-19,3^{\circ}\text{C}$.

Во время тепловой волны среднесуточные температуры должны быть выше $22,7^{\circ}$ в течение 5 последовательных дней, из которых по крайней мере 3 последовательных дня должны иметь среднесуточную температуру выше $+25^{\circ}\text{C}$.

Для Москвы превышение среднесуточной температуры порога в 25°C «автоматически» означало превышение максимальной суточной температурой порога в 30°C . Зимой же, во время холодových волн, минимальные суточные температуры примерно на 3°C ниже среднесуточных. Другое важное следствие приведенных выше определений заключается в том, что холодные и тепловые волны должны быть довольно редким явлением. Например, они не могут наблюдаться каждый год, ведь среднее число дней в году с температурой ниже 1%-ного и выше 99%-ного персентилля, по определению составляет примерно 3 дня.

В соответствии с указанными выше определениями, мы проанализировали тепловые волны июля 2001 г. и июля 2002 г. (см. табл.2), из которых последняя была разделена на две волны очень коротким (двухдневным) промежутком. Как мы покажем ниже, именно это обстоятельство имело важное значение с точки зрения результирующей смертности. Мы также должны были разбить холодную волну 2006 г. на две волны, разделенных 6-дневным перерывом. Таким образом, было проанализировано влияние на общую и специфическую смертность трех тепловых и двух холодных волн.

Влияние тепловых волн на смертность и «эффект жатвы». В июле 2001 г. Москва пережила необычайно продолжительную тепловую волну, во время которой среднесуточные температуры превышали порог в 25°C в течение 9 последовательных дней (при средней многолетней «норме» 3 дня в год). В максимуме этой волны (23 июля 2001 г.) суточная смертность достигла рекордно высокого значения, превысил в среднее многолетнее значение (математическое ожидание) смертности для июля на 93%. Для сравнения

укажем, что во время «Чикагской жары» число среднесуточных смертей превысило фоновый уровень на 85% [McGeehin, Mirabelli, 2001]. Однако количественной мерой воздействия тепловых и холодных волн на смертность служит не пиковая, а кумулятивная, т.е. усредненная за период волны (с учетом лага между ходом температуры и смертности) избыточная смертность, которая может быть определена в отношении каждой причины и в каждой возрастной группе по сравнению с соответствующим ожидаемым средним многолетним значением за данный календарный период.

Исключительная для Москвы сила и продолжительность температурной волны 15-28 июля 2001 г. привела к четко выраженному и статистически значимому эффекту «всплеска» смертности во всех проанализированных категориях, даже в самой «нестабильной» категории смертности от ХЗНДП - группе пожилых людей старше 75 лет. Для характеристики статистической достоверности полученной разности в табл.9 приведены величины соответствующих Р-тестов.

*Таблица 9. Значения кумулятивной избыточной смертности во время тепловой волны 15-28 июля 2001 г.**

Причина смерти	Кумулятивная избыточная смертность, %	Статистическая значимость (Р-тест)
Все, кроме внешних	32 / 43	0,001 / 0,004
ИБС и стенокардия	34 / 43	0,006 / 0,006
Цереброваскулярные заболевания	50 / 57	0,003 / 0,005
ХЗНДП	81 / 56	0,003 / 0,051

** Данные в числителе относятся ко всем возрастным группам, в знаменателе – к категории населения свыше 75 лет*

Абсолютная дополнительная смертность во время тепловой волны июля 2001 г. составила 1177 случаев, большинство из которых нельзя объяснить «эффектом жатвы», то есть кратковременного приближения или смещения смертности (рис.12).

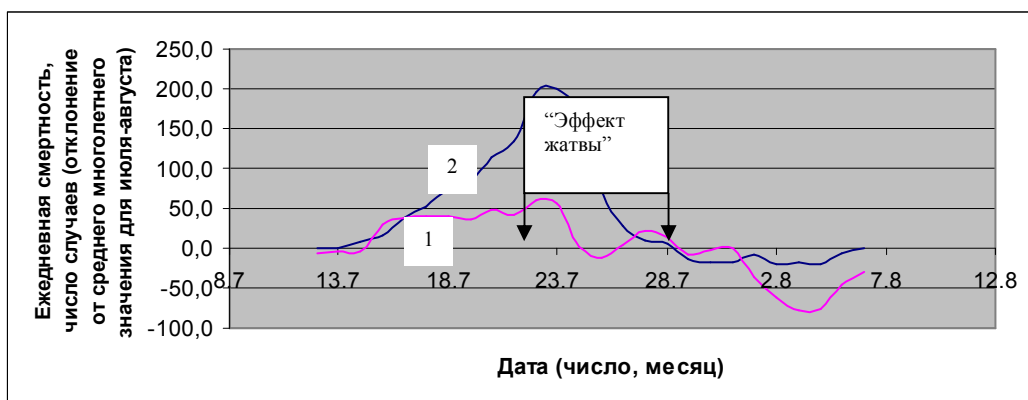


Рис. 12. Тепловая волна июля 2001 г (кривая 1), и смертность от всех причин, кроме внешних (кривая 2), для всех возрастов

В самом деле, если бы «эффект жатвы» был значителен, то после «горба» смертности должен был бы следовать сравнимый по амплитуде «провал» ежедневной смертности.

На рис. 12 и 13 температура проградуирована в 1/10°С и отложена от «порогового значения» для тепловой волны +22,7°С, а суточная смертность для наглядности отложена от ожидаемого (фонового) уровня и усреднена «скользящим окном» шириной в 3 дня. Как видно из рис.12, эффект жатвы в данном случае был незначителен - не более 10% суммарной избыточной смертности, но хорошо заметен – это небольшой «провал» смертности непосредственно после тепловой волны в период с 29 июля по 6 августа. Кумулятивный дефицит смертности составил за этот период 120 смертей. Затем возобновились обычные случайные осцилляции смертности.

Совершенно иная динамика ежедневной смертности наблюдалась во время тепловой волны июля 2002 г., «когда эффект» жатвы был весьма значителен (Рис.13).

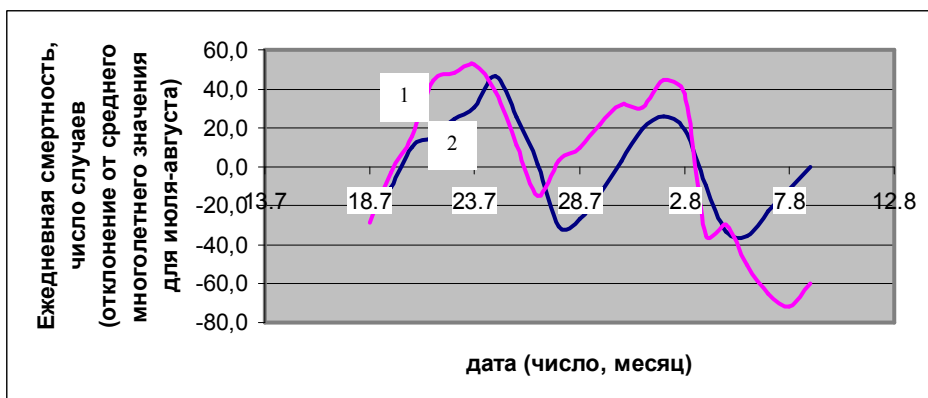


Рис. 13. Тепловая волна июля 2002 г. (кривая 1) и смертность (кривая 2) от всех причин, кроме внешних, для всех возрастов

В 2002 г. среднесуточные температуры превышали 25°C в течение четырех дней - с 21 до 24 июля, затем еще в течение четырех дней - с 30 июля по 2 августа. Оба этих эпизода удовлетворяют формальному определению тепловой волны. Однако небольшое снижение температуры ниже порогового для волны значения (22,7°C) в течение двух дней - 26-27 июля 2002 г. - фактически «разрезало» волну смертности на два «ребра», которые оказались разделены двумя сравнимыми по амплитуде «впадинами», наглядно демонстрирующими существенный «эффект жатвы». В результате кумулятивная естественная смертность для всех возрастов в первом эпизоде оказалась равной 10% ($P=0,003$), что означает 187 дополнительных смертей, а во втором – всего 8% ($P=0,057$) или 96 дополнительных смертей. Таким образом, суммарная дополнительная смертность вследствие волны 2002 г. составила 283 случая. Однако после учета эффекта кратковременного смещения смертности оказалось, что среднесуточный чистый прирост смертности по сравнению с фоном для всего периода тепловой волны 18 июля – 8 августа 2002 г. составляет всего 1%. Таким образом, с точки зрения негативного влияния на здоровье тепловые волны 2001 г. и 2002 г. выглядят совершенно по-разному, что объясняется, на наш взгляд, именно исключительной длительностью волны 2001 г.

Влияние холодной волны 2006 г. Эффект холодной волны наглядно демонстрирует ситуация января - февраля 2006 года, когда в Москве аномально низкие температуры наблюдались в течение 26 дней. Подобно описанной выше ситуации с тепловой волной 2002 г., зимой 2006 г. волна холода опять-таки оказалась разделенной надвое, чем объясняется ее относительно скромный эффект с точки зрения дополнительной смертности (см. ниже). Между 16 и 25 января 2006 г. в Москве было зарегистрировано 10 дней со среднесуточными температурами ниже порога в $-14,4^{\circ}\text{C}$, из которых в течение 6 последовательных дней среднесуточная температура опустилась ниже -21°C . Затем было кратковременное потепление, после которого в течение 16 последовательных дней с 1 по 16 февраля 2006 г. среднесуточная температура снова опустилась ниже порога в $-14,4^{\circ}\text{C}$, из которых в течение 8 последовательных дней она была ниже 1%-ного персентиля $-19,3^{\circ}\text{C}$. Таким образом, оба эпизода удовлетворяют формальному определению холодной волны. Такие холода в Москве по вероятностным законам не могут случаться чаще, чем один раз примерно в 10 лет, так что данная холодная волна

представила нам уникальную возможность исследовать влияние экстремально низких температур на смертность. Волны дополнительной смертности четко прослеживались после обеих волн холода с лагом 4-5 дней. Достоверно были установлены негативные эффекты волны холода 2006 г. только в возрастной группе пожилых людей старше 75 лет (табл.10).

Таблица 10. Кумулятивная дополнительная смертность в возрастной группе свыше 75 лет после волн холода зимы 2006 г.

Причина смерти	Между 21.01 и 02.02			Между 06.02 и 20.02		
	Кумулятивная избыточная смертность, %	P-тест	Общее число дополнительных смертей	Кумулятивная избыточная смертность, %	P-тест	Общее число дополнительных смертей
Все, кроме внешних	9,8	0,001	198	8,5	0,002	198
ИБС и стенокардия	8,2	0,004	74	-		
Цереброваскулярные заболевания	-	-	-	12,6	0,002	87

При расчетах для табл.10 в качестве фоновой была принята средняя многолетняя смертность в Москве за период с 21 января по 21 февраля. Второй эпизод холода был продолжительнее, и его кумулятивный эффект для смертности от всех естественных причин оказался несколько слабее, что можно объяснить только «эффектом жатвы», из-за которого первая волна холода приблизила смерть некоторой части населения. Наибольшая по амплитуде кумулятивная избыточная смертность (12,6%) явилась следствием цереброваскулярных заболеваний среди пожилых людей. Таким образом, согласно нашим оценкам, необычно холодная зима 2006 г. в итоге стала причиной около 400 дополнительных смертей в возрастной группе старше 75 лет. Хотя влияние холода на смертность среди всего населения не было статистически значимым, в возрастной группе моложе 75 лет экстремальные морозы могли обусловить некоторое (небольшое) количество дополнительных смертей.

Влияние потепления климата на смертность в Москве. В заключении «температурного» раздела данной работы обсудим важный вопрос о влиянии потепления климата на смертность в Москве. Влияние потепления на смертность можно оценить, комбинируя температурные коэффициенты смертности из табл. 8 с климатическими данными из табл.1 и 2, которые позволяют судить о потеплении в 2000–2005 гг. по сравнению со средними многолетними температурами, наблюдававшимися в период 1961-1990 гг. В силу

установленных закономерностей потепление климата сопровождается двумя противоположными эффектами: снижением смертности вследствие повышения среднемесячных температур во все месяцы кроме июля, для которого среднемесячная температура уже «перевалила» за точку максимального температурного комфорта, и повышением смертности в виду увеличения числа дней с экстремально высокими температурами летом и экстремально низкими зимой (если такое увеличение будет доказано). Согласно полученным данным, оценка величины благоприятного эффекта, т.е. снижения смертности, в результате потепления климата в Москве в период 2000–2005 гг. составила примерно 590 смертей в год. Величину неблагоприятного эффекта нельзя оценить, просто просуммировав полученную выше дополнительную смертность во время тепловых и холодных волн, поскольку такие волны связаны не только с изменением климата, а статистических данных об учащении повторяемости таких волн пока недостаточно.

Однако дополнительную смертность, связанную непосредственно с потеплением климата, можно приблизительно оценить, зная увеличение числа аномально жарких дней, приведенных в табл.2, по сравнению с математическим ожиданием этого показателя (средним многолетним значением, равным, как уже указывалось, примерно двум дням в месяц). Это увеличение в среднем за период 2000–2005 гг. составило 2, 9 и 5 дней в месяц (сверх «нормы») соответственно в июне, июле и августе. Вычисленная за эти дни дополнительная смертность, обусловленная потеплением климата, в среднем за период 2000–2005 гг. составила около 420 смертей в год. Данная оценка негативного эффекта потепления климата не учитывает холодной волны зимы 2006 г., а основывается только на летних погодных аномалиях.

Таким образом, в сумме положительное и отрицательное воздействие потепления климата на смертность почти компенсируют друг друга: результирующая дополнительная смертность $\Delta M = 420 - 590 = -170$, 95%-ный доверительный интервал для ΔM составил (-291; -49) смертей в год. Суммарный прирост смертности оказывался отрицательным, потепление климата в итоге немного снижает смертность, однако следует иметь в виду, что результирующий эффект очень мал и практически сравним с погрешностью самих вычислений, поэтому вывод о «благоприятном» воздействии потепления на здоровье был бы преждевременным.

Влияние уровня загрязнения атмосферного воздуха на смертность. Данные о влиянии загрязнения атмосферного воздуха на смертность населения представлена во многих зарубежных исследованиях, однако гораздо меньше работ посвящено оценке влияния загрязнения воздуха на смертность населения на фоне аномальных температур. Это влияние в условиях Москвы менее выражено, нежели воздействие аномальных температур, поэтому важно определить поправку, которую вносит загрязнение в «температурный» риск смертности. Для вычисления рисков, обусловленных загрязнением атмосферного воздуха, в рамках модели, представленной уравнениями (3) и (5), были проанализированы данные о концентрациях озона за 1093 дня в период 2003-2005 гг., и о PM_{10} – за 1000 дней.

Линейная регрессия загрязнения с учетом связи с температурой в рамках модели (2) показала, что концентрация PM_{10} растет с повышением температуры летом и понижением температуры зимой. Поэтому наилучшая кривая, описывающая зависимость концентраций PM_{10} от среднесуточной температуры во всем диапазоне температур, должна иметь минимум. Если аппроксимировать эту зависимость квадратичной параболой, то минимум будет находиться в области $0^{\circ}C$, а сама зависимость примет вид: $PM_{10} = 30 + 0,0342T^2$ ($P < 0,001$). Поэтому смешивающий эффект PM_{10} будет наблюдаться как летом (при $T > 20^{\circ}$), так и зимой.

Концентрация озона монотонно возрастает с температурой во всем диапазоне температур, но летом угол наклона регрессионной прямой гораздо круче, чем зимой: $\Delta O_3 / \Delta T = 1,3 \text{ мкг/м}^3 / ^{\circ}C$ летом против $\Delta O_3 / \Delta T = 0,4 \text{ мкг/м}^3 / ^{\circ}C$ зимой. Поэтому о смешивающем эффекте озона можно говорить лишь летом.

В табл.11 представлены прогнозные оценки увеличения смертности при росте концентрации загрязняющих веществ после процедуры «десезонализации» загрязнения и смертности, которая позволила выделить эффект загрязнения в чистом виде.

Таблица 11. Увеличение смертности (%) при возрастании среднесуточной концентрации вещества-загрязнителя на 10 мкг/м^3

Причина смерти	Возрастная группа	PM_{10} при лаге до смерти		Озон при лаге до смерти	
		0	1 день	0	1 день
Все, кроме внешних	Все возрасты	$0,48 \pm 0,14$ $t=3,5$	$0,31 \pm 0,14$ $t=2,3$	$0,57 \pm 0,21$ $t=2,6$	-
	Свыше 75	$0,96 \pm 0,19$	$0,60 \pm 0,19$	-	-

Причина смерти	Возрастная группа	PM ₁₀ при лаге до смерти		Озон при лаге до смерти	
		t=5,1	t=3,2		
ХЗНДП	Все возрасты	-	-	-	4,9±2,1 t=2,4
	Свыше 75 лет	-	-	-	7,8±3,5 t=2,2
ИБС и стенокардия	Все возрасты	0,76±0,21 t=3,6	0,72±0,21 t=3,5	1,10±0,33 t=3,3	0,75±0,33 t=2,3
	Свыше 75 лет	1,11±0,26 t=4,2	0,84±0,26 t=3,2	-	-
Цереброваскулярная смертность	Все возрасты	0,94±0,25 t=3,7	0,50±0,25 t=2,0	1,29±0,40 t=3,2	1,55±0,39 t=3,9
	Свыше 75 лет	1,39±0,31 t=4,4	0,83±0,31 t=2,7	-	1,23±0,49 t=2,5

Связь смертности и загрязнения воздуха почти всегда сильнее всего проявляется с нулевым лагом и резко «падает» с увеличением лага, поэтому в Табл.10 оставлены лишь лаги 0 и 1 день. Зависимость респираторной и цереброваскулярной смертности от концентрации озона сильнее проявляется с лагом 1 день (т. е. ежедневная смертность больше зависит от загрязнения предыдущего дня, чем от уровня загрязнения в день смерти).

Как видно из табл.11, риск смерти от загрязнения в старшей возрастной группе почти всегда больше величины риска для всех возрастов, причем разница может составлять от 20 до 100%. Так, риск естественной смертности, обусловленный загрязнением воздуха PM₁₀, в старшей возрастной группе в два раза превышает риск от PM₁₀ в группе для всех возрастов. Исключением из установленного выше «возрастного» правила является лишь цереброваскулярная смертность от озона, где риск в старшей группе немного меньше, чем риск в группе «все возрасты». Еще один важный результат состоит в том, что риски смертности от всех причин кроме внешних всегда меньше, чем риски для отдельных проанализированных нами причин смерти, что связано, конечно, со спецификой путей воздействия загрязнения на организм.

Для взвешенных веществ риски были достоверно установлены во всех категориях смертности кроме смертности от ХЗНДП. Средние значения рисков смерти при загрязнении PM₁₀ для разных категорий (с нулевым лагом) находятся в пределах от 0,48 до 1,39%, что хорошо согласуется с результатами зарубежных исследований. Безусловно, основной эпидемиологической

величиной для сравнения является относительный риск смертности от всех причин кроме внешних, 95%-ный доверительный интервал для которого составляет (0,20%; 0,76%) на каждые 10 мкг/м³ РМ₁₀.

В отношении озона риски были установлены для всех четырех изученных нами причин смерти. Самый большой по абсолютной величине риск выявлен для смертности пожилых людей от ХЗНДП, смертность в этой категории должна возрасти на 7,8% при увеличении среднесуточной концентрации озона на каждые 10 мкг/м³. Это значит, что при изменении концентрации озона от среднего значения μ до высокого $\mu+2\sigma$ смертность от ХЗНДП должна будет возрасти примерно на 20% - это максимально установленная нами амплитуда риска смертности, обусловленного загрязнением атмосферного воздуха.

Отдельный интерес представляет оценка ситуации в Москве 25 мая 2005 г., когда в результате аварии в системе энергоснабжения Москвы использовали такое резервное топливо как мазут. В результате этого в атмосферном воздухе Москвы резко увеличилась концентрация РМ₁₀ – до 71 мкг/м³. Можно было ожидать, что повышенное загрязнение атмосферного воздуха приведет и к дополнительным случаям смерти. С помощью коэффициента риска, полученного в данном исследовании, вычислили, что возрастание загрязнения воздуха РМ₁₀ должно привести к росту суточной смертности от всех причин примерно на 2% (или на 6 дополнительных случаев смерти в день), а в возрастной группе свыше 75 лет – даже на 4% (соответственно на 5 случаев). Самое большое возрастание смертности могло произойти от цереброваскулярных заболеваний среди пожилых людей – на 5,6%. Вместе с тем дисперсия ежедневной смертности слишком велика, чтобы на ее фоне можно было реально наблюдать такое малое повышение, так как стандартное отклонение для смертности от всех причин кроме внешних составляет 30 случаев, дисперсия смертности среди пожилых людей равна 18 случаям в день. Тем не менее, анализ ежедневной смертности выявил, что в этих трех категориях именно 25 и 26 мая была зарегистрирована повышенная смертность, что, возможно, было вызвано сложившейся аварийной ситуацией.

Смешивающий эффект загрязнения. Комбинация приведенных в табл.11 рисков загрязнения с регрессионными зависимостями загрязнения от температуры позволяет оценить относительную долю вклада загрязнения в «смешанный» риск смертности, приведенный в табл.8. Само по себе влияние температуры на смертность должно быть несколько меньше, чем

«температурные» риски из табл.8, поскольку из них нужно вычесть долю, обусловленную загрязнением. В табл.12 приведены соответствующие вклады загрязнения и «чистые» температурные риски, скорректированные на загрязнение – они меньше, чем в табл.8.

Таблица 12. Смешивающее влияние загрязнения воздуха PM_{10} и озоном летом и PM_{10} зимой

Причина смерти	Возрастная группа	Степень смешивания, при $-10^{\circ}C < T < 0^{\circ}C$ %	Скорректированный риск $\Delta R/1^{\circ}C$, %	Степень смешивания, при $T > 20^{\circ}C$ %	Скорректированный риск $\Delta R/1^{\circ}C$, %
Все, кроме внешних	Все возрасты	17	-0,41	6	2,6
	Свыше 75 лет	24	-0,50	5	3,1*
ИБС и стенокардия	Все возрасты	21	-0,45	10	2,4
	Свыше 75 лет	26	-0,51	6	2,9*
Цереброваскулярные заболевания	Все возрасты	19	-0,63	8	4,3
	Свыше 75 лет	24	-0,70	8	4,9
ХЗНДП	Все возрасты	Не определена		7	8,1**
	Свыше 75 лет	Не определена		-	

* Скорректирован только на PM_{10}

** Скорректирован только на озон

Степень смешивания (т.е. доля риска, обусловленного загрязнением) выше в области низких температур, потому, что сами «температурные» риски смертности в области холодных температур меньше по абсолютной величине, чем риски, обусловленные жарой. Максимальный вклад загрязнения в риск смертности, обусловленный повышением среднесуточных температур на каждый градус Цельсия в области $T > 20^{\circ}C$, оказался равен 10%, в то время как максимальный вклад загрязнения в «температурный» риск смертности зимой (при температурах ниже нуля) составляет примерно 26%. Подчеркнем, что в табл.12 область холодных температур простирается от $-10^{\circ}C$ до $0^{\circ}C$, а не от $-10^{\circ}C$ до $20^{\circ}C$, как в табл.8, потому что степень загрязнения воздуха твердыми частицами начинает возрастать при температурах ниже нуля. Смешивающее влияние загрязнения определяли при условии, что имеется линейная связь между смертностью, температурой и загрязнением воздуха, и поэтому указанные оценки не применимы к сильным тепловым волнам, при которых все указанные зависимости становятся нелинейными.

Обсуждение результатов

В Москве, как и во многих других крупных городах мира, потепление климата и аномальные температуры воздуха являются факторами риска дополнительной смертности населения. Возникает вопрос, как можно минимизировать эти риски, насколько они велики, какие другие риски с ними связаны. Проведенное эпидемиологическое исследование позволяет ответить на некоторые из этих вопросов. Уменьшить загрязнение атмосферного воздуха в Москве в условиях большого количества автомобилей, транспортной загруженности магистралей и постоянных пробок на дорогах крайне сложно. Энергетические установки города работают на самом "чистом" топливе (газе) - и поэтому их выбросы не определяют качество атмосферного воздуха. Тем не менее при неблагоприятных климатических условиях, в случае аварий и использовании резервного топлива (например, мазута) возможно образование высокой концентрации PM_{10} в атмосферном воздухе. При среднегодовой относительно низкой концентрации этого загрязнителя, находящейся на уровне 33 мкг/м^3 , пиковые значения могут достигать весьма ощутимых величин. Если устранить в Москве пики PM_{10} высотой от $\mu + \sigma$ (52 мкг/м^3) и более, можно добиться заметного эффекта. Например, в 2005 г. в Москве было зарегистрировано всего 88 таких пиковых дней, из них 17 дней с превышением PM_{10} концентрации $\mu + 2\sigma$. Количество спасенных жизней в результате устранения таких пиковых концентраций составит около 205 случаев в год.

Более реальна минимизация дополнительных случаев смерти, связанных с воздействием тепловых или холодных волн. За последние годы в ряде стран разработаны, приняты и функционируют планы действий на случай жары. Во Франции Министерством здравоохранения разработан специальный план действий во время жары, в котором наряду с упоминанием об уровне опасности для здоровья населения, необходимостью быть бдительными, приведены планы реализации мероприятий и мобилизации дополнительных сил, а также организационные схемы действий⁷. Институт санитарной статистики совместно с метеослужбой подготавливает информацию для Министра здравоохранения, который имеет право объявлять в случае необходимости тревогу того или иного уровня. Предпринимаемые действия охватывают широкий спектр деятельности. Это интенсивная информационная

⁷ Plan canicule. Ministère de la Santé et de la protection sociale. République Française, 2004

деятельность органов здравоохранения и СМИ о правилах поведения во время жары (одежда, питание, образ жизни, трудовая деятельность), организация работ скорой медицинской помощи, патронажная деятельность по отношению к пожилым людям и людям с тяжелыми сердечно-сосудистыми заболеваниями и заболеваниями органов дыхания и многое другое. Весьма интересен так называемый "Голубой план", согласно которому предусмотрена организация прохладных комнат с кондиционированным воздухом в домах престарелых и учреждениях здравоохранения. За счет бюджета города осуществляется покупка кондиционеров, чтобы в каждом здании имелась комната с температурой воздуха не выше 25⁰С. В соответствии с "Белым планом" Минздрава Франции проводятся специальные мероприятия в лечебных учреждениях, дополнительное оснащение службы скорой медицинской помощи.

Для медицинских работников должны быть разработаны медицинские рекомендации по лечению и поддержанию здоровья лиц с хроническими заболеваниями в условиях жары. Ведь «температурный» прирост смертности от ХЗНДП в жаркие дни на 70% выше данного показателя в период более комфортной температуры. Для правильной организации лечебно-оздоровительных и социальных мероприятий чрезвычайно важен сделанный нами вывод о том, что аномально высокая температура приводит к летальному исходу в тот же день, а при холодных волнах максимальная смертность наблюдается на 3-й – 6-й день после погодного явления.

Повышенные концентрации атмосферных загрязнителей в летнее время года могут быть связаны с характерными для жарких дней температурными инверсиями в приземном слое, которые препятствуют рассеиванию загрязняющих веществ. Анализ и оценка зависимостей между температурой и концентрацией загрязняющих веществ в Москве совпали с результатами наших предыдущих исследований, выполненных в Твери. Данные настоящего исследования совпадают с результатами работ, проведенных в Лондоне, подчеркивающих доминирующую роль климатических условий города в дополнительной смертности населения.

Анализ показателей ежедневной смертности населения и температуры позволил выявить для Москвы зону температурного комфорта, которая колеблется в пределах от -20 до +19 (20)⁰С. В других городах Европы эта зона имеет более узкий температурный коридор. – Лондон по книге об адаптации.

Благодарность

Исследования проводили при поддержке неправительственной организации «Защита природы» (США). Авторы выражают глубокую признательность проф. А. А. Голубу и проф. Е. А. Струковой за их плодотворное участие на всех этапах исследования. Эта работа также стала возможной благодаря сотрудничеству с Е. Г. Семутниковой и ее коллегами из Мосэкомониторинга, проф. А. А. Исаевым и его коллегами из Метеообсерватории МГУ и постоянной консультацией с к.э.н. Т. Л. Харьковской из Центра демографии и экологии человека ИНП РАН.

Литература

1. Исаев А.А. Летопись погоды, климата и экологии Москвы. 2001 год. СПб, Гидрометеиздат, 2003.
2. Летопись погоды, климата и экологии Москвы (по наблюдениям Метеорологической обсерватории МГУ), 2001год. /Под ред. проф. А.А.Исаева. М., Геграф. Ф-т МГУ, 2003, 128 с.
3. Неравенство и смертность в России. /Под ред. В.Школьников, Е.Андреева и Т.Малевой. Моск. Центр Карнеги. М., Сигналь, 2000, с.17
4. Ревич Б. А. и соавт., Воздействие высоких температур атмосферного воздуха на здоровье населения в Твери. // Санитария и гигиена, 2005, №2, с.20-24.
5. Справочник эколого-климатических характеристик г.Москвы (по наблюдениям Метеорологической обсерватории МГУ).Т.1. /Под ред. проф. А.А.Исаева. М., Изд-во МГУ, 2003-304с.
6. Шерстюк Б.Г. Сценарии климата Московского региона до 2050г.// Метеорология и гидрология, 2000, №7, с.26-32
7. Anderson H. R., Atkinson R. W., Peacock J. L. et al. Meta-Analysis of Time-Series Studies and Panel Studies of Particulate Matter (PM) and Ozone (O3). Report to WHO Task Group. Copenhagen: World Health Organization, 2004.
8. Climate change and Human Health: risks and responses /ed.:A.J.McMichael et al. WHO. Geneva, 2003, 322 p.
9. Conti S., Meli P., Minelli G., Solimini R., Toccaceli V., Vichi M. Epidemiologic study of mortality during the Summer 2003 heat wave in Italy. Environ. Res., 2005, 98, 390-9 p.
10. Dhainaut JE, Claessens YE, Ginsburg C., Riou B. Unprecedented heat-related deaths during the 2003 heat wave in Paris: consequences on emergency departments. Crit.Care 2004, 8: 1-2
11. Extreme Weather Events and Public Health Responses. /Ed. W.Kirch, B.Menne, R. Bertollini, 2005, 303 p.
12. Grize L., Huss A., Thommen O., Schindler C., Braun-Fahrlander C. Heat wave 2003 and mortality in Switzerland. Swiss med. Wkly., 2005, 135, 200-205 p.
13. Heady J. D. Excess winter mortality in Europe: a cross-country analysis identifying key risk factor. //J. Epidemiol. Community Health, 2003, V.57, 784-789 p.
14. Hemon D. and Jouglu E. La canicule du mois d'aout 2003 en France [The heat wave in France in August 2003]. Rev. Epidemiol. Santa Publique, 2004, V.52, 3-5 p.
15. Huynen M. et al. The impact of heat waves and cold spells on mortality rates in the Dutch population. //Env. Health Perspectives, 2001, V.109, №5, 463-465 p.
16. Integration of Public Health with adaptation to climate change. Lessons and new direction. /Ed. K.L. Ebi, J. B. Smith and I. Burton. 2005, 295 p.

17. Johson P., Bennet C., Eliasson I., Selin Lindgren E. Suspended particulate matter and its relations to the urban climate in Dar es Salaam, Tanzania. *Atmos. Environ.*, 2004, 38, 4175 p.
18. Keatinge W. R. and Donaldson G. C. Mortality related to cold and air pollution in London after allowance for effects of associated weather patterns, *Environmental Research Section*, 2001, A 86, 209-216 p.
19. Kysely J. Mortality and displaced mortality during heat waves in the Czech Republic. // *Int. J. Biometeorol*, 2004, 49, 91-97 p.
20. McGeehin M. A. , Mirabelli M. The potential impacts of climate variability and change on temperature-related morbidity and mortality in the United States. *Environ. Health Perspect*, 2001, 109/suppl. 2, 185-189 p.
21. Michelozzi P., de Donato F., Accetta G., Forastiere F. D'Ovido M. and Kalkstein L.S. Impact of heat waves on mortality, Rome Italy, June-August, 2003. // *J.Am.Med.Ass.*, 2004, 291, 2537-2538 p.
22. Plan Canicule. Dossier de presentation. *Ministere de la Sante et de la protection sociale*, 2005, 46 p.
23. Vandentorren S., Suzan F., Medina S., Pascal M., Maulpoix A., Cohen J.C., Ledrans M. Mortality in 13 French cities during the august 2003 heat wave. *Am.J.Public Health*, 2004, 94, 1518-1520 p.

Струкова Е.Б., Балбус Дж., Голуб А.А.

Неправительственная организация «Защита природы»

при участии Авалиани С.Л. (Российская медицинская академии последипломного образования) и Ревича Б.А.

Риск для здоровья и экономическая оценка ущерба от загрязнения воздуха в России⁸

Введение

Ущерб для здоровья от загрязнения воздуха велик, но он может быть снижен, если в стране действует эффективное экологическое законодательство. Например, в США правоприменение законодательства об охране воздуха позволило предотвратить миллионы случаев заболеваемости и смертности, а предотвращенный ущерб для здоровья оценивается в 21,7 триллионов долларов [White House Office of Management and Budget, 1998]. В России экономические выгоды от снижения концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе могли бы быть не менее значительны. За последние 30 лет Россия приняла законы, требующие количественной и всеобъемлющей оценки риска загрязнения воздуха для здоровья. Согласно российскому законодательству, оценка риска требуется для установления максимальных концентраций загрязняющих веществ в воздухе, совместимых с целями охраны здоровья населения. Однако, учитывая ограниченность материальных ресурсов, очень важно правильно расставить приоритеты, чтобы в первую очередь добиться снижения содержания в воздухе наиболее опасных для здоровья веществ. Проведенные ранее исследования установили, что взвешенные вещества вносят самый большой вклад в общий риск для здоровья, обусловленный загрязнением воздуха.

Загрязнение воздуха вносит значительный вклад в смертность в Европе, обуславливая около 6% общей смертности ежегодно [Kunzli et al., 2000]. В США и Европе были проведены исследования, которые доказали причинную связь между возрастанием уровней твердых частиц (суммы взвешенных веществ) в воздухе и увеличением коэффициентов заболеваемости и смертности. Крупнейшее исследование такого рода в США было проведено «Национальным институтом по изучению воздействий на здоровье» (National Health Effects

⁸ Работа финансировалась из средств гранта US EPA «Совершенствование экологической политики в Новых Независимых Государствах» №X4-831999301

Institute) и состояло из двух этапов. На первом этапе была проанализирована статистика заболеваемости и смертности в 20 городах США, а на втором этапе – в 90 городах США. Как для 20 городов, так и для 90 городов была установлена количественная связь между загрязнением воздуха PM10 (твердыми частицами с аэродинамическим диаметром менее 10 микрон) и общей смертностью. При возрастании среднесуточных концентраций PM10 на 10 мкг/м³ суточная смертность от всех причин на следующий день в среднем возрастала на 0,5% [Samet et al., 2000]. Аналогичное исследование в Европе «Загрязнение воздуха и здоровье: европейский подход 2» (APNEA 2) было проведено в 30 регионах Западной, Южной и Восточной Европы [Samoli et al., 2005]. Проанализировав данные о загрязнении воздуха и суточной смертности от всех причин, сердечно-сосудистых заболеваний и легочных заболеваний, авторы этого исследования сделали вывод об отсутствии минимальной (пороговой) концентрации PM10, ниже которой вреда для здоровья не наблюдается. Коэффициенты риска PM10 были установлены в диапазоне наиболее часто наблюдаемых концентраций этого загрязняющего вещества, а именно, при возрастании концентрации от 50 до 60 мкг/м³ общая смертность увеличивалась на 0,4%, а смертность от сердечно-легочных заболеваний увеличивалась на 0,5%. Таким образом, европейский результат хорошо согласуется с результатом, полученным ранее в США.

В Восточной Европе и России исследования взаимосвязи между загрязнением воздуха и показателями заболеваемости и смертности довольно редки. Как пишет Едруховский [Jedruchowski, 1995], исследователи сообщали об общей корреляции между загрязнением воздуха, частотой респираторных заболеваний и смертностью в Восточной Европе, но эти исследования носят весьма предварительный характер. Сам факт корреляции между загрязнением воздуха, частотой респираторных заболеваний и смертностью согласуется с результатами исследования APNEA 2 для стран Восточной Европы. Это исследование подтвердило положительную корреляцию между концентрациями PM10 и коэффициентами смертности от сердечно-сосудистых и респираторных заболеваний в Восточной Европе [Samoli et al., 2005].

В России было осуществлено несколько предварительных исследований в области количественной оценки риска для здоровья, обусловленного загрязнением воздуха твердыми частицами. Однако эти исследования основывались на неполных данных или использовали косвенные методы

(например, для оценки экспозиции брались не измеренные, а расчетные концентрации вредных веществ в атмосфере). Недостаток прямых данных об экспозиции населения к атмосферным загрязнителям затрудняет применение методологии оценка риска в России, и лишь одно из подобных исследований было опубликовано в рецензируемом научном журнале [Reshetin and Kazazyan, 2004].

Первое исследование такого рода в России [Larson et al., 1998] было посвящено оценке риска заболеваемости и смертности, обусловленной загрязнением воздуха в Волгограде. Ларсон и соавторы использовали американские данные из работ [Dockery and Pope, 1994; Schwartz, 1994; Ostro et al., 1996] для оценки коэффициента доза-ответ, который связывает концентрации PM10 в атмосферном воздухе с повышением частоты вредных эффектов для здоровья. Авторы волгоградского исследования приняли, что при возрастании среднесуточной концентрации PM10 на каждые 10 мкг/м³ риск суточной смертности от всех причин возрастает на 1% [Larson et al., 1999, стр. 1808]. Ларсон и соавторы рассчитывали среднегодовые концентрации PM10, используя модель распространения загрязняющих веществ в атмосфере «Эколог», поскольку эта модель обычно применяется в России для расчета нормативов выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников [Larson et al., 1998, стр. 4]. Используя линейную модель, Ларсон и соавторы оценили ежегодную дополнительную смертность в Волгограде, обусловленную загрязнением воздуха твердыми частицами, в 2700 случаев.

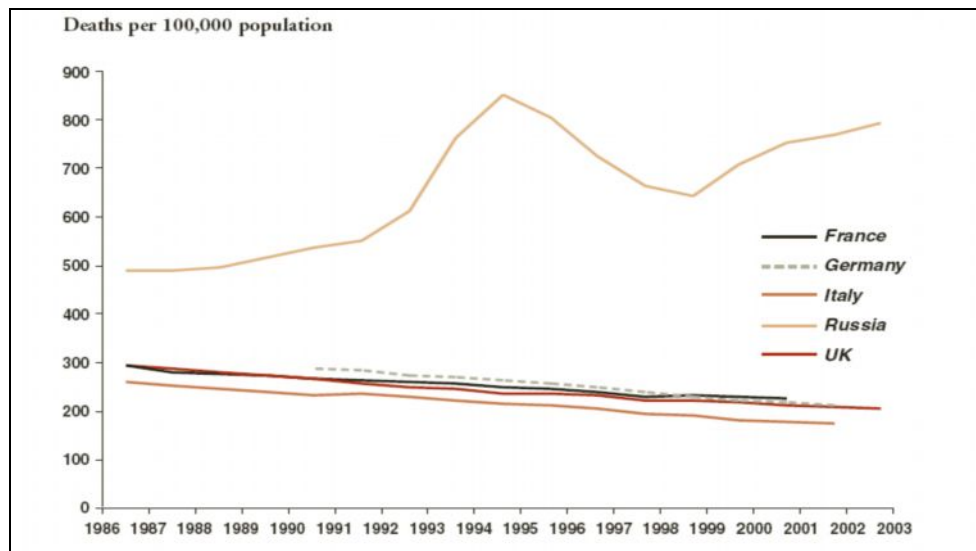
В позднейших исследованиях [Основы оценки риска..., 2003] исследователи применяли более низкий коэффициент доза-ответ. Они предполагали, что при возрастании среднесуточной концентрации PM10 на каждые 10 мкг/м³ риск суточной смертности от всех причин возрастает на 0,5%. Эти исследования основывались на компьютерном моделировании среднегодовых концентраций важнейших загрязняющих веществ, идентифицированных на этапе инвентаризации выбросов [Основы оценки риска..., 2003] и на первичных данных о выбросах, сообщенных различными промышленными источниками выбросов. Даже при консервативном подходе, который применялся в большинстве исследований, было доказано, что риск от загрязнения воздуха весьма значителен. Экстраполяция результатов исследований, осуществленных в различных городах, на всю Россию была предпринята в работе Бобылева и соавторов (2002). В ней было показано, что

общая дополнительная смертность населения России от загрязнения воздуха составляет около 46000 чел. в год, или около 2,1% от общей смертности от всех причин, кроме внешних (внешние причины иначе называются «случайными» причинами) [Бобылев и соавт., 2002, стр.16]. Эта интегральная оценка оказалась значительно ниже, чем риск от загрязнения воздуха, вычисленный в различных исследованиях в нескольких городах России.

Недавно Решетин и Казазян продолжили свои предыдущие исследования с целью уточнения оценки ежегодной смертности, обусловленной загрязнением воздуха твердыми частицами [Reshetin and Kazazyan, 2004]. Они использовали коэффициент доза-ответ из работы Докери [Dockery et al., 2003] и линейную модель, аналогичную упомянутой в работе Кунзли [Kunzli et al., 2000]. Решетин и Казазян оценивали риск, исходя из данных о среднегодовых концентрациях суммы взвешенных веществ (TSP) в российских городах. Для перевода концентраций TSP в концентрации PM10 они использовали такой же метод, как и в работе Ларсона [Larsen et al., 1999]. Однако если исследование Ларсона и соавторов было сделано лишь для одного города (Волгограда), то Решетин и Казазян включили в свою интегральную оценку 178 городов, для которых имелись данные о концентрациях TSP за 1993 и 1998 годы. В этих городах проживает примерно одна треть всего населения Российской Федерации. Предполагая, что эти города являются репрезентативной выборкой из всей совокупности российских городов, Решетин и Казазян заключили, что от 15 до 17 процентов общей смертности городского населения России обусловлено загрязнением атмосферного воздуха.

Исследование Решетина и Казазяна рассматривает только городское население. Между тем, примерно одна четверть всего населения России проживает в сельской местности [Kingkade, 1997]. Поскольку предыдущие исследования указывали на отличия в характере воздействия загрязнения воздуха на здоровье городского и сельского населения [Jedrychowski, 1995], для учета воздействия загрязнения воздуха на смертность сельского населения в России необходимы вычисления с учетом разницы в уровнях загрязнения в городах и в сельской местности. Другим ограничением исследования Решетина и Казазяна является тот факт, что после 1997 года население России заметно сократилось, коэффициенты рождаемости и средняя ожидаемая продолжительность жизни снижались, в то время как коэффициенты

заболеваемости и смертности росли [Shkolnikov et al., 2001, World Bank, 2005]. Эти демографические тенденции совпали во времени со структурными сдвигами в российской экономике, которая начала переход от планового хозяйства к рынку около двух десятилетий назад.



Источник: Всемирный Банк, 2005, стр. 6

Рисунок 1. стандартизованные коэффициенты смертности от всех причин для лиц моложе 65 лет в разных странах в период 1986-2003 гг.

Наше исследование представляет собой попытку более точно оценить риски для здоровья, обусловленные загрязнением воздуха твердыми частицами в различных регионах России, на основе доступных данных о концентрациях взвешенных веществ. Затем мы даем оценку экономического ущерба, связанного с данным риском, и проводим анализ неопределенностей, присущих оценке риска, вызванного загрязнением воздуха в стране с быстро меняющейся структурой экономики, такой как современная Россия. Таким образом, наша работа состоит из двух частей: в первой части мы оцениваем риск для здоровья, а во второй даем его денежную оценку.

Оценка дополнительной заболеваемости и смертности, обусловленной загрязнением воздуха в России

Методы оценки риска заболеваемости и смертности

Основной подход

Для вычисления дополнительной смертности, обусловленной загрязнением воздуха твердыми частицами в России, мы использовали

методы, опубликованные в работе Коэна [Cohen et al., 2004] и коэффициент доза-ответ из работы Поупа [Pope et al., 2002]. Предположена связь между концентрациями загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и сердечно-легочной смертностью линейной [Cohen et al., 2004], когда прирост числа вредных последствий для здоровья населения вычисляется по формуле:

$$y_c = \beta * \Delta C * y_B * pop \quad (1),$$

в которой использованы следующие обозначения:

y_c – дополнительное число вредных последствий для здоровья (заболеваний или смертей);

ΔC – изменение средневзвешенной (с учетом численности населения) среднегодовой концентрации критерий-загрязнителя (в данном случае $PM_{2.5}$ или PM_{10});

β – коэффициент концентрация-ответ;

y_B – фоновый уровень рассматриваемых вредных последствий для здоровья;

pop – число людей, к которому возможно применить коэффициент β (в данном случае мы рассматривали ту же возрастную категорию, как в работе Поупа (Pope et al., 2002) – лица старше 30 лет).

Для оценки риска мы разделили все городское население России на три группы:

- Население, проживающее в наиболее загрязненных городах с численностью населения свыше 100 000 чел. Список этих городов взят из работы Главной геофизической обсерватории им. Воейкова, 1999*;
- Население других крупных городов с численностью населения более 100 000 человек;
- Население небольших городов.

Необходимость такого разделения вызвана большими различиями между источниками и качеством данных о загрязнении воздуха, заболеваемости и смертности для этих групп городов. В следующих разделах мы подробно обсудим источники данных для каждого из параметров уравнения (1).

* Численность населения городов с этого времени уменьшилась - примечание редактора

Определение коэффициента доза-ответ β

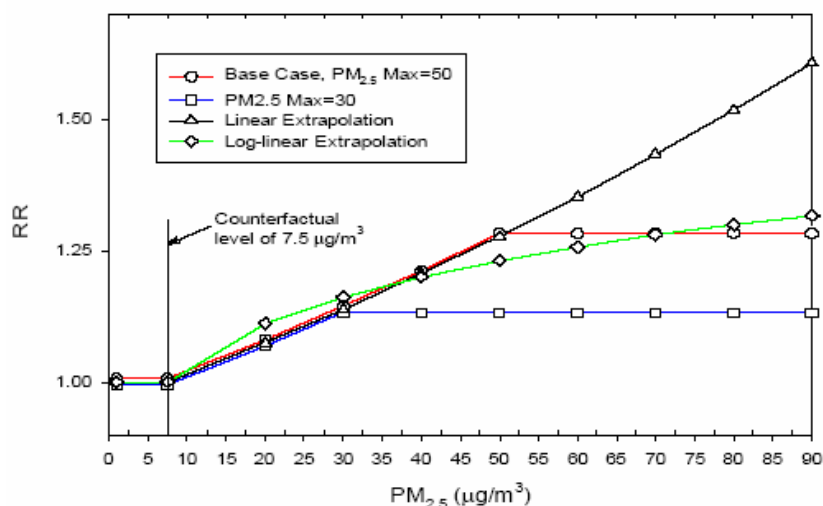
Коэффициент доза-ответ (точнее, в данном случае концентрация-ответ) β представляет собой процентное изменение частоты определенного вредного эффекта для здоровья, связанное с изменением концентрации вещества-загрязнителя на единицу, то есть угол наклона линейного участка зависимости доза-ответ. Для $PM_{2.5}$ были вычислены коэффициенты β , соответствующие следующим причинам смертности: смертность от всех причин, кроме случайных, смертность от сердечно-легочных заболеваний, смертность от рака легкого [Pope et al., 2002]. В данном исследовании мы анализируем взаимосвязь между загрязнением воздуха и смертностью от сердечно-легочных заболеваний, следуя работе Коэна [Cohen et al., 2004]. Из-за различий в методиках установления причин смерти в разных странах фоновая смертность от всех причин, кроме случайных, представляет собой менее надежную базовую линию по сравнению с фоновой смертностью от сердечно-легочных заболеваний. Мы также не оценивали смертность от рака легкого, поскольку число таких смертей, обусловленных загрязнением воздуха в России, сравнительно мало.

Таблица 1. Относительный риск смертности от различных причин, связанный с приростом концентрации $PM_{2.5}$ на 1 мкг/м^3 , в 1979-1983 гг.

Причина смерти	Среднее значение β
Смертность от всех причин, кроме случайных	0,006
Смертность от сердечно-легочных заболеваний	0,009
Смертность от рака легкого	0,0014

Источник: Pope et al., 2002.

Если концентрации $PM_{2.5}$ в данном городе попадают в диапазон концентраций, изучавшихся в работе Поупа [Pope et al., 2002], мы использовали для наших оценок коэффициент относительного риска из этой работы. В самом деле, ВОЗ рекомендует использовать коэффициент доза-ответ Поупа для $PM_{2.5}$ в диапазоне концентраций от 7,5 до 50 мкг/м^3 . Однако для более высоких концентраций, чем наблюдавшиеся в работе Поупа [Pope et al., 2002], рекомендуется сделать поправку. ВОЗ предлагает четыре альтернативных подхода к экстраполяции коэффициентов риска $PM_{2.5}$ в область более высоких концентраций [Cohen et al., 2004]:



Источник: Cohen et al., 2004.

Рис. 2. Поправка к коэффициенту β при более высоких уровнях загрязнения

Очевидно, что при лог-линейной экстраполяции результирующий коэффициент концентрация-ответ будет меньше, чем при линейной экстраполяции [Ostro, 2004]. В данной работе мы считали, что относительный риск просто остается постоянным при превышении концентрации PM_{2.5} порога в 50 мкг/м³. Такое предположение оправдано тем, что, как было замечено в работе Коэна [Cohen et al., 2004], функция доза-ответ «выполаживается» и становится постоянной при среднегодовых концентрациях PM_{2.5} выше 50 мкг/м³.

Хотя при использовании в России в условиях переходной экономики коэффициента доза-ответ, полученного в такой высокоразвитой стране, как США, возникают значительные неопределенности, тем не менее есть несколько веских оснований использовать именно коэффициент Поупа. Во-первых, как показали исследования, коэффициенты доза-ответ для PM_{2.5}, полученные в городах Восточной Европы методом анализа временных рядов и регрессии ежедневной смертности на среднесуточные концентрации атмосферных загрязнителей, оказались сравнимы с аналогичными коэффициентами, полученными в городах Западной Европы [Katsouyanni et al., 2001], а западноевропейские коэффициенты доза-ответ, в свою очередь, сравнимы с американскими, полученными для тех же эффектов [Stieb et al., 2002]. Более того, работа Поупа 2002 г. обладает целым рядом методологических преимуществ по сравнению с аналогичными исследованиями. Поуп использовал данные о качестве атмосферного воздуха в 51 регионе США за период 1979-1983 гг. и 1999-2000 гг., а также информацию о достоверно

установленных (сертифицированных) причинах смерти взрослого населения из базы данных Американского ракового общества (ACS) за 16 лет. База данных ACS содержит сведения о потенциальных смешивающих факторах для более миллиона взрослых американцев. Поэтому Поуп мог контролировать большое количество смешивающих факторов, которые могут влиять на уровни смертности в различных регионах США, включая возраст, курение, уровень образования, семейное положение, вес тела, профессиональные риски, индексы питания. Кроме этого, из-за того, что в исследование Поупа были включены различные регионы США, оно показало устойчивость полученных соотношений доза-ответ, несмотря на большую разницу в составе твердых частиц. Одним важным ограничением исследования Поупа было то, что он изучал только взрослое население старше 30 лет.

Насколько оправдано переносить в Россию коэффициенты доза-ответ, полученные в США?

ВОЗ [Cohen et al., 2004] исследовал внутренние неопределенности, обусловленные применением коэффициента доза-ответ, полученного на основе анализа американских данных, к оценке смертности от загрязнения воздуха в развивающихся странах.

Источники данных об экспозиции

Поскольку данные об уровнях загрязнения воздуха в России имеются только для TSP, то мы использовали следующий пересчетный коэффициент для пересчета TSP в PM₁₀:

$PM_{10} = 0,6TSP$ (проект AMP США по управлению качеством окружающей среды в Российской Федерации 1997 г., описанный в работе Ларсона 1999 г.)

Поскольку регионы бывшего СССР характеризуются сравнительно большими объемами сжигания ископаемых топлив, чем среднемировой уровень, то для них вполне оправдано использовать более высокий пересчетный коэффициент TSP в PM₁₀, чем среднемировой коэффициент 0,5. Далее, для пересчета PM_{2.5} в PM₁₀ Ларсон и соавторы (1999) рекомендуют использовать в России диапазон значений 0,55-0,75 [Larson et al., 1999, Cohen et al., 2004]. Мы использовали этот диапазон для оценки смертности от сердечно-легочных заболеваний, обусловленной загрязнением воздуха в России.

Средняя концентрация TSP в наиболее загрязненных российских городах составляет около 150 мкг/м³. Это соответствует примерно 90 мкг/м³ PM₁₀ и 60 мкг/м³ PM_{2.5}. Согласно экспертным оценкам, около 65 млн. человек городского населения подвержено воздействию такой или более высокой концентрации TSP [Государственный доклад «Состояние окружающей среды в Российской Федерации, 1997, часть 1, глава 1]. Госкомстат Российской Федерации дает значительно более высокую оценку загрязнения взвешенными веществами (TSP) в этих городах, также как и отдельные исследования, выполненные в таких городах как Москва, Санкт-Петербург, Череповец, Воронеж и др. [ГГО им. Воейкова, 1999]. Однако мы считаем, что данные об уровнях TSP, сообщаемые Главной геофизической обсерваторией, вероятно, завышены. Причина этого в том, что ГГО учитывала только наивысшую из среднесуточных концентраций TSP. Поэтому мы калибровали сообщенные ГГО концентрации TSP для 31 города, используя результаты непрерывного мониторинга качества воздуха в Москве и Санкт-Петербурге. Например, Мосэкомониторинг сообщил, что в 2005 г. среднегодовая концентрация PM₁₀ в Москве равнялась 34 мкг/м³ [Семутникова и соавт., 2006]. В Санкт-Петербурге среднегодовая концентрация PM₁₀ в 2004-2005 гг. равнялась 61 мкг/м³ [Pietarila et al., 2006]. Поэтому мы использовали отношение этих концентраций к концентрациям, сообщенным ГГО для Москвы и Санкт-Петербурга, в качестве калибровочного множителя для оценки уровней PM₁₀ в других сильно загрязненных городах. Полученные значения PM₁₀ можно найти в таблице 2. Затем мы использовали вероятностный подход для пересчета PM₁₀ в PM_{2.5} в наиболее загрязненных городах (см. раздел «оценка смертности» ниже). Расхождения в концентрациях PM₁₀, сообщенных разными источниками, были проанализированы нами при анализе чувствительности.

Таблица 2. Среднегодовые концентрации TSP в 1997 г. в городах с наиболее высоким уровнем загрязнения взвешенными веществами, мкг/м³

Город	Население в 2002 г., млн.	TSP,* мкг/м ³	PM ₁₀ ,** мкг/м ³
Москва	10,126	100	34***
Санкт-Петербург	4,661	156	61****
Ачинск	0,119	550	165
Балаково	0,744	280	84
Барнаул	0,601	190	57
Челябинск	1,105	150	45

Город	Население в 2002 г., млн.	TSP,* мкг/м ³	PM ₁₀ ** мкг/м ³
Череповец	0,312	190	57
Чита	0,317	150	45
Екатеринбург	1,294	100	30
Иркутск	0,594	190	57
Каменск-Уральский	0,186	200	60
Хабаровск	0,583	201	60,3
Комсомольск-на-Амуре	0,281	460	138
Краснодар	0,513	230	69
Липецк	0,506	360	108
Магнитогорск	0,419	280	84
Нижний Новгород	1,311	222	66,6
Нижний Тагил	0,39	140	42
Новокузнецк	0,566	192	57,6
Новороссийск	0,232	230	69
Новосибирск	1,426	257	77,1
Новотроицк	0,106	240	72
Оренбург	0,549	188	56,4
Орск	0,251	400	120
Ростов на Дону	1,068	227	68,1
Самара	1,158	134	40,2
Тюмень	0,511	259	77,7
Тольятти	0,703	214	64,2
Улан-Удэ	0,359	280	84
Владивосток	0,595	158	47,4
Якутск	0,211	360	108

Источник: *) Качество воздуха в важнейших городах России за 10 лет. Главная геофизическая обсерватория им. Воейкова, 1999 г., С-Пб.; Перепись населения Российской Федерации 2002 г., <http://antropotok.archipelag.ru/perepis/pr06.htm>.

**) Оценка авторов, с использованием поправочного коэффициента $PM_{10} = 0,6TSP$ и калибровки, как описано в тексте выше.

***) Семутникова и соавт., 2006.

****) Pietarila et al., 2006.

Для остальных российских городов с населением более 100 000 чел. прямые данные о концентрациях PM_{10} отсутствуют. Для оценки уровней PM_{10} в этих городах мы выбрали исследование Всемирного Банка [Wheeler et al., 2004], которое содержит наиболее полные данные об уровнях PM_{10} в воздухе российских городов с населением более 100 000 чел. Всемирный Банк сообщает концентрации PM_{10} , рассчитанные на основе эконометрической модели с фиксированным «страновым эффектом». Эта модель вычисляет концентрации PM_{10} , исходя из других макроэкономических и климатических параметров, таких как энергопотребление на душу населения, погодные и географические условия, плотность населения, интенсивность местной экономической деятельности, душевой доход и др. Межстрановые

сопоставления - статистические панельные исследования с фиксированным страновым эффектом - успешно применяются в экономических, эпидемиологических, финансовых и других исследованиях. Как сообщают авторы упомянутого исследования Всемирного Банка, использованная ими модель дает устойчивые результаты только в том случае, когда для калибровки модели было использовано достаточное количество наблюдений (то есть городов в исследуемом регионе). К сожалению, всего 7 городов субрегиона Еуро С (который включает Россию) были включены в калибровку модели. Как признают сами авторы [Cohen et al., 2004, стр. 1369], коэффициент корреляции для субрегионов с менее чем 10 калибровочными городами составляет менее 0,2 и точность вычислений гораздо ниже. Тем не менее, мы можем считать оценку Всемирного Банка нижней границей концентраций PM_{10} . Например, в Москве эта оценка на 22% ниже данных Мосэкомониторинга [Ревич и соавт., 2006]. Для Санкт-Петербурга эта разница более значительна, она равна 100% [Pietarila et al., 2006]. Расхождения между различными источниками данных о PM_{10} были учтены нами при анализе чувствительности.

Согласно данным Всемирного Банка, средневзвешенная (с учетом плотности населения) концентрация PM_{10} в городах с населением свыше 100 000 чел. составляет 22 $мкг/м^3$. Поэтому мы моделировали заболеваемость и смертность населения от загрязнения воздуха методом Монте-Карло, считая, что концентрация PM_{10} есть случайная величина, распределенная по нормальному закону с 90% доверительным интервалом (22 $мкг/м^3$; 52,5 $мкг/м^3$). Верхняя граница этого интервала соответствует средней из среднегодовых концентраций PM_{10} в наиболее загрязненных городах, согласно списку ГГО им. Воейкова (1999).

Наконец, население малых городов России в сумме составляет 38 млн. чел. Загрязнение воздуха взвешенными веществами в этих городах может быть весьма значительно, поскольку многие из этих городов были построены вокруг крупных промышленных предприятий, включая ТЭЦ, работающие на ископаемом топливе. Концентрации PM_{10} в некоторых малых городах очень высоки. Например, в работе Приваловой (2001) сообщалось, что в городе Верхняя Пышма на Урале концентрация PM_{10} равна 50 $мкг/м^3$. Расчетные концентрации PM_{10} в малых городах на севере России составляют около 25 $мкг/м^3$ [Данилов-Данильян, 2003]. Однако данных о загрязнении недостаточно и интегральная оценка риска сопряжена с большими неопределенностями.

Поэтому мы моделировали риск для здоровья в малых городах методом Монте-Карло. Предполагалось, что среднегодовые концентрации PM_{10} распределены по нормальному закону с 95% доверительным интервалом от 15 $мкг/м^3$ (фоновый уровень) до 40 $мкг/м^3$. Верхняя граница этого интервала близка к средней из среднегодовых концентраций PM_{10} в крупных городах с населением свыше 100 000 чел., исключая наиболее загрязненные города.

Данные о численности населения, фоновой смертности от всех причин и от отдельных причин

Эти данные, как и данные о загрязнении воздуха, были взяты нами из разных источников, учитывая большие различия в доступности данных для трех групп городов. Таблица 3 содержит данные об общей численности населения в каждой из трех групп городов.

Таблица 3. Городское население России

	Население, млн.
Наиболее загрязненные города	31
Другие города с населением более 100 000 человек	37
Небольшие города	38
Всего	106

Источник: Перепись населения Российской Федерации 2002 г., <http://www.perepis2002.ru/index.html?id=13>; <http://antropotok.archipelag.ru/perepis/pr06.htm>;

Население наиболее загрязненных городов в сумме составляет около 31 млн. чел. Данные об общей смертности и смертности от сердечно-легочных заболеваний в этих городах были получены из отчета Госкомстата за 2005 г.

Для других городов с населением более 100 000 человек и для небольших городов фоновая смертность от сердечно-легочных заболеваний была вычислена нами на основе данных, сообщенных Всемирным Банком [World Bank, 2005]. В этом докладе содержатся данные о причинно обусловленной смертности отдельно для регионов с высокой и низкой смертностью. Поскольку Всемирный Банк сообщает только данные о смертности городского и сельского населения вместе, но не по отдельности, то мы предположили, что смертность городского населения от сердечно-легочных заболеваний должна быть выше, чем сельского. Мы применили сообщенные Всемирным Банком коэффициенты смертности от сердечно-легочных

заболеваний к городскому населению во всех городах с населением более 100 000 чел. и вычли из этой смертности число случаев в городах с наиболее высоким уровнем загрязнения, для каждого из которых мы имели данные Госкомстата (2005) . Затем смертность от сердечно-легочных заболеваний в оставшихся городах с населением свыше 100 000 чел. и в малых городах оценивалась с учетом численности населения в этих двух группах городов, при условии что коэффициенты смертности на 1000 чел. в этих двух группах городов одинаковы.

Таблица 4. Общая смертность населения и смертность от сердечно-легочных заболеваний в наиболее загрязненных городах России

	Общая смертность на 1000 чел.	Смертность от сердечно- легочных заболеваний в % от общей смертности
Ачинск	17,5	43%
Балаково	14,5	63%
Барнаул	14,1	58%
Владивосток	13,3	58%
Екатеринбург	14,5	56%
Иркутск	15,7	54%
Каменск-Уральский	17,7	62%
Комсомольск-на-Амуре	17,5	60%
Краснодар	13,5	61%
Липецк	14,6	65%
Магнитогорск	17,0	62%
Москва	13,5	60%
Новороссийск	13,1	63%
Новосибирск	14,4	57%
Новотроицк	16,3	52%
Нижний Новгород	17,9	65%
Новокузнецк	18,0	54%
Нижний Тагил	17,4	60%
Оренбург	13,4	59%
Орск	17,3	59%
Санкт-Петербург	16,6	64%
Ростов-на-Дону	14,2	59%
Самара	16,6	55%
Тольятти	10,8	56%
Тюмень	12,9	54%
Улан-Удэ	15,0	52%
Хабаровск	15,4	60%
Челябинск	14,7	58%
Череповец	15,6	57%
Чита	16,1	51%
Якутск	10,3	45%

Источник: Госкомстат России, 2005.

Оценка смертности, обусловленной загрязнением воздуха

Для оценки смертности от сердечно-легочных заболеваний, обусловленной загрязнением воздуха, мы использовали формулу (1) выше. Как

было указано выше, мы не оценивали смертность от всех причин и смертность от рака легкого. Для наиболее загрязненных городов с населением свыше 100 000 чел. мы взяли средневзвешенную (с учетом численности населения) концентрацию PM_{10} , равную 52 мкг/м^3 . Учитывая многочисленные неопределенности параметров в формуле (1), мы оценивали риск смертности методом Монте-Карло. В частности, при оценке риска в наиболее загрязненных городах мы брали следующие средние значения и доверительные интервалы параметров формулы (1):

- Вначале мы брали такой же коэффициент доза-ответ, как в работе [Pope et al., 2002]. Однако затем мы учли неопределенность этого параметра в развивающихся странах, используя нормальное распределение со средним значением 0.009 и стандартным отклонением 10%.
- Концентрации PM_{10} мы считали распределенными по нормальному закону вокруг среднего значения 52 мкг/м^3 и стандартным отклонением 20%, которое мы получили, оценивая данные об уровнях TSP.
- Базовые концентрации $PM_{2.5}$ мы считали распределенными по нормальному закону вокруг среднего значения $7,5 \text{ мкг/м}^3$, поскольку эта концентрация считается среднемировым фоновым значением, если исключить антропогенные источники [Cohen et al., 2004], и стандартным отклонением 10%.
- Отношение $PM_{2.5}/PM_{10}$ мы считали распределенным по нормальному закону с 90% доверительным интервалом (0,55; 0,75).
- Для оценки риска в менее загрязненных городах с населением свыше 100 000 чел. и в малых городах мы использовали те же предположения, но концентрации PM_{10} брались более низкие. В выборке менее загрязненных городов с населением более 100 000 чел., мы считали концентрации PM_{10} распределенным по нормальному закону с 90% доверительным интервалом от 22 мкг/м^3 до $52,5 \text{ мкг/м}^3$. В группе малых городов с населением менее 100 000 чел., мы считали концентрации PM_{10} распределенным по нормальному закону с 90% доверительным интервалом от 15 мкг/м^3 (фоновый уровень) до 40 мкг/м^3 .

Для оценки общей смертности для всех трех групп городов мы брали среднее арифметическое из значений, полученных методом моделирования Монте-Карло для городов с населением свыше 100 000 чел. Для обеспечения консервативности нашей оценки, учитывая большую неопределенность, мы

добавили в нашу оценку нижнюю границу доверительного интервала риска, полученного методом моделирования Монте-Карло для городов с населением менее 100 000 чел.

Оценка заболеваемости, обусловленной загрязнением воздуха

Вредные эффекты для здоровья, вызванные загрязнением воздуха твердыми частицами, оценивались с помощью коэффициентов доза-ответ из работы [Ostro, 1994]⁹. Мы оценивали число заболеваний хроническим бронхитом, число госпитализаций с респираторными симптомами, экстренных обращений к врачу, дней временной нетрудоспособности и число респираторных симптомов у детей.

Из-за неопределенности уровней загрязнения PM₁₀ в менее загрязненных городах с населением свыше 100 000 чел. и в малых городах мы оценивали заболеваемость только в наиболее загрязненных городах с населением свыше 100 000 чел. Остро оценивал коэффициенты доза-ответ для различных видов заболеваемости, основываясь только на таких исследованиях во всем мире, которые анализировали экспозицию населения к PM₁₀, а не к PM_{2.5}. Эти коэффициенты представлены в таблице 5.

Таблица 5. Коэффициенты доза-ответ для различных видов заболеваемости, обусловленных загрязнением воздуха, на 1 мкг/м³ PM₁₀

Годовое число заболеваний или других негативных эффектов	Коэффициент доза-ответ
Число хронических бронхитов (на 100 тыс. взрослого населения)	6,21
Число госпитализаций с респираторными диагнозами (на 100 тыс. населения)	1,2
Число экстренных обращений к врачу (на 100 тыс. населения)	24
Число дней с ограниченной активностью (на 100 тыс. взрослого населения)	5 750
Число заболеваний нижних дыхательных путей у детей (на 100 тыс. детей)	169
Респираторные симптомы (на 100 тыс. взрослых)	18 300

Источник: Ostro (1994).

Для хронического бронхита мы применили подход, который рекомендует Остро в работе [Ostro, 1994], когда ожидаемый прирост дополнительной заболеваемости составил 6,12 случаев на 100 тыс. взрослого населения на

⁹ Признавая высокую точность подхода ВОЗ, основанного на вычислении процентного возрастания вредного эффекта для здоровья над фоновым уровнем, мы все же применили коэффициенты Остро, поскольку не имели достоверной статистики заболеваемости в России.

каждые 10 мкг/м³ РМ₁₀. Если использовать этот коэффициент, то число вновь выявленных хронических бронхитов, связанных с загрязнением воздуха в выбранных нами городах, будет равно 115 000 случаев в год.

Остро оценивал другие вредные последствия для здоровья, вызванные загрязнением воздуха, исходя из среднегодовых концентраций РМ₁₀: это число госпитализаций с респираторными симптомами, экстренных обращений к врачу, дней временной нетрудоспособности, заболеваний нижних дыхательных путей у детей, респираторных симптомов. Это наиболее часто обсуждаемые в мировой литературе вредные эффекты, обусловленные загрязнением воздуха. Из-за отсутствия данных о фоновой частоте этих эффектов в России они были выражены в числе случаев на 100 тыс. населения. Однако было бы более предпочтительно иметь данные о фоновой заболеваемости и использовать коэффициенты, выраженные в процентном возрастании эффекта над фоном.

Заболеваемость и смертность населения выбранных городов России

Среднее значение риска смертности среди всех трех групп городов равно 102 500 случаев в год. Однако, после того как мы добавили нижнюю границу доверительного интервала смертности для малых городов, средневзвешенная оценка общей смертности снизилась до 88 800 случаев в год. Даже при наиболее консервативных предположениях и использовании нижней границы доверительного интервала для каждой из трех категорий городов, оценка риска смертности, обусловленной загрязнением воздуха, будет не менее 40 000 случаев в год. Результаты анализа смертности представлены в таблице 6.

Таблица 6. Прогноз смертности для различных категорий городского населения

	Среднее значение смертности от сердечно-легочных заболеваний	Ст. откл.	90% доверительный интервал
Наиболее загрязненные города	52,500	13,000	21,000-74,000
Другие города с населением более 100 000 человек	29,300	10,200	12,000-46,000
Небольшие города	20,700	8,500	7,000-35,000

Источник: Crystal Ball, 10 000 прогнозов.

Вклады каждой из трех категорий городов в общую прогнозируемую смертность от загрязнения воздуха представлены на рисунке 3.

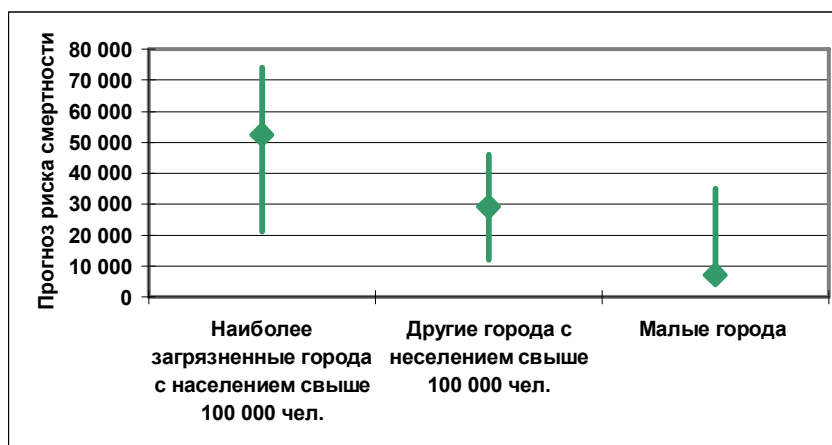


Рис. 3. Вклады каждой из трех категорий городов в общую прогнозируемую смертность от загрязнения воздуха

Для обеих групп городов с населением свыше 100 000 чел. мы использовали среднее значение, которое дает метод Монте-Карло. Однако для группы малых городов мы использовали нижнюю границу 90%-ного доверительного интервала, поскольку у нас не было достаточно хороших данных для обоснования целесообразности использования среднего значения риска.

В Таблице 7 представлены вклады отдельных городов в соответствующую смертность для всех выбранных городов. Видно, что Москва и Санкт-Петербург в сумме дают 38%-ный вклад в смертность от сердечно-легочных заболеваний, обусловленную загрязнением воздуха во всех городах, в то время как на долю этих двух городов приходится 48% общего населения выбранных городов. Вклад Нижнего Новгорода в смертность от загрязнения воздуха составляет 7%, вклад Новосибирска – 6%, вклад Ростова-на-Дону – 4%. В то же время в этих трех городах живет 12% всего населения выбранных городов. На рис. 4 показаны вклады каждого города в суммарную для всех выбранных городов смертность, обусловленную загрязнением, а также вклад каждого города в общую численность городского населения России, которое находится под воздействием загрязнения воздуха. Только для Москвы и Екатеринбурга относительный вклад в смертность существенно меньше вклада населения этих городов в общее население, которое находится под воздействием загрязнения воздуха. Города, сильнее всего страдающие от загрязнения воздуха, представлены на рис. 5. В этих городах загрязнением воздуха обусловлено более 12% общей смертности. Сильнее всего страдает от загрязнения воздуха население Комсомольска на Амуре, Липецка, Орска,

Балаково, Ачинска и Магнитогорска. В этих городах вклад смертности от загрязнения воздуха в общую смертность превышает 20%. Рисунок 6 изображает относительные вклады смертности от сердечно-легочных заболеваний, обусловленной загрязнением воздуха в российских городах. Это есть смертность, деленная на численность населения города в тысячах человек. Для более чем 50% российских городов относительный вклад загрязнения воздуха в смертность от сердечно-легочных заболеваний составляет более 2-х случаев на 1000 человек, что является неприемлемо высоким уровнем экологически-обусловленного риска.

Таблица 7. Оценка смертности в отдельных городах

	Процентный вклад в общую смертность от загрязнения воздуха в выбранных городах**	Процентный вклад в общее население, находящееся под воздействием загрязнения воздуха*
Ачинск	0,8%	0,4%
Балаково	1,0%	0,6%
Барнаул	2,0%	1,9%
Челябинск	2,8%	3,4%
Череповец	1,1%	1,0%
Чита	0,8%	1,0%
Екатеринбург	1,9%	4,1%
Хабаровск	2,3%	1,9%
Иркутск	2,0%	1,9%
Каменск-Уральский	0,9%	0,6%
Комсомольск-на-Амуре	2,4%	0,9%
Краснодар	2,5%	2,1%
Липецк	3,3%	1,6%
Магнитогорск	2,5%	1,3%
Москва	17,3%	32,3%
Нижний Новгород	7,0%	4,2%
Нижний Тагил	1,2%	1,2%
Новокузнецк	2,2%	1,8%
Новороссийск	0,9%	0,7%
Новосибирск	6,1%	4,6%
Новотроицк	0,4%	0,3%
Оренбург	1,7%	1,7%
Орск	1,9%	0,8%
Ростов на Дону	4,2%	3,4%
Санкт-Петербург	20,9%	14,9%
Самара	2,9%	3,7%
Тюмень	1,9%	1,6%
Тольятти	1,9%	2,2%
Улан Удэ	1,6%	1,1%
Владивосток	1,5%	1,9%
Якутск	0,7%	0,7%

*Общая численность населения, находящегося под воздействием загрязнения воздуха, приведена в табл.

3.

** Общее число случаев дополнительной смертности представлено в табл. 7.

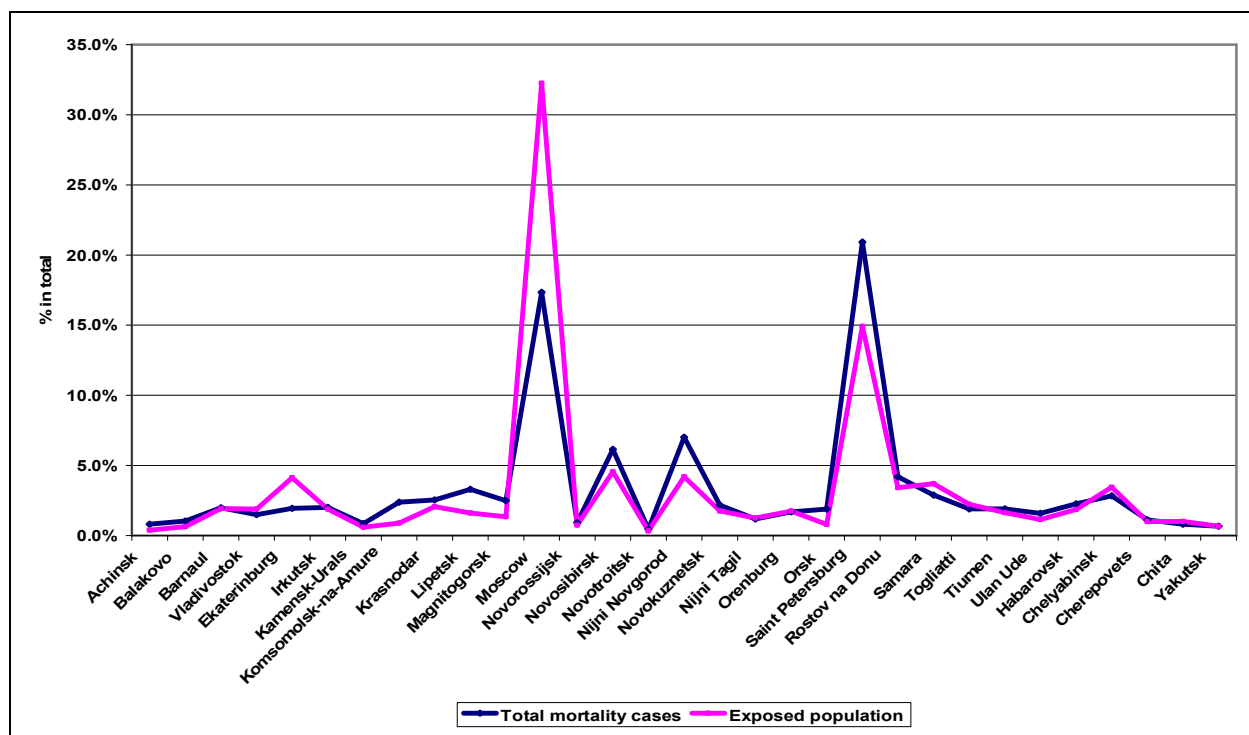


Рис. 4. Относительный вклад каждого города в общую смертность от загрязнения воздуха и в общую численность населения, находящегося под воздействием загрязнения воздуха в России

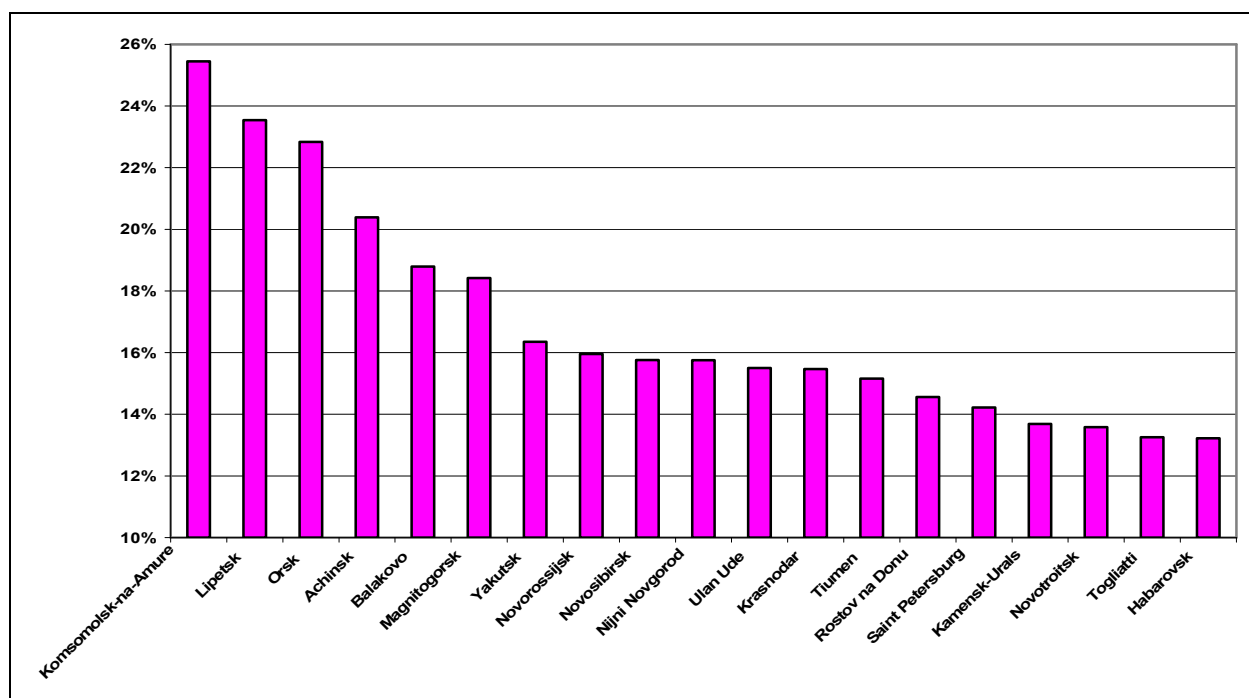


Рис. 5. Вклад смертности от загрязнения воздуха в общую смертность в выбранных городах России

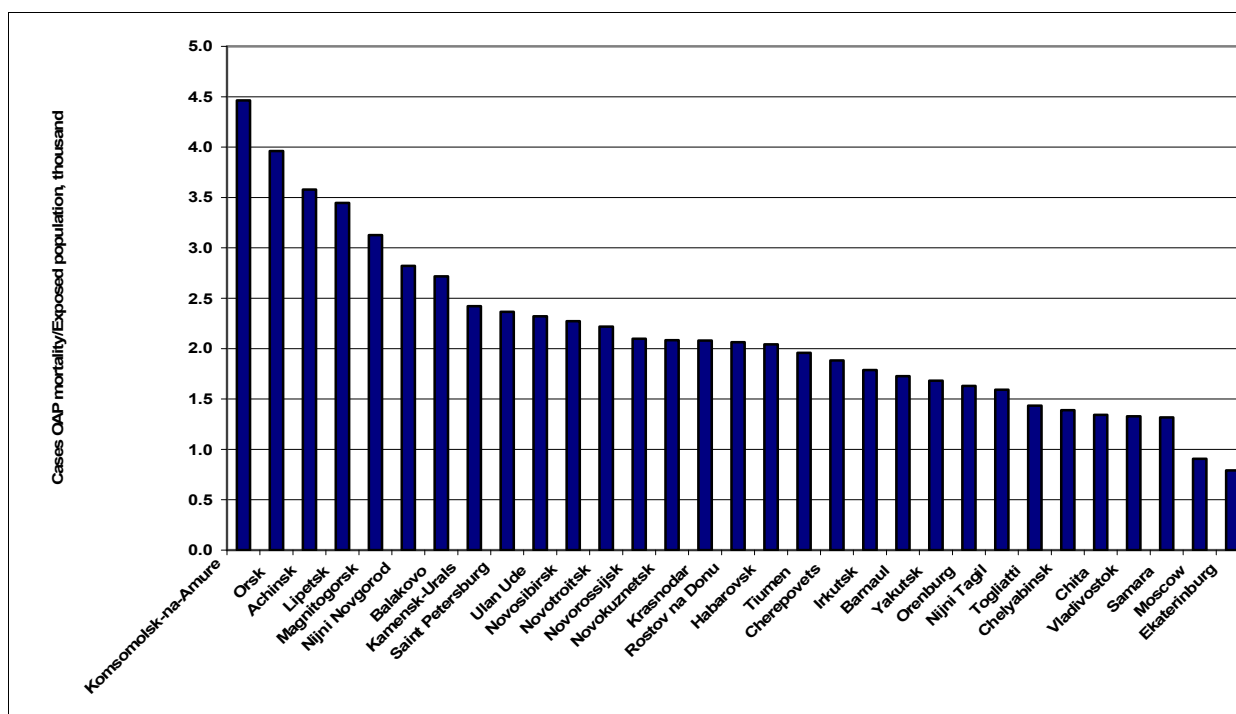


Рис. 6. Относительные вклады смертности от загрязнения воздуха в российских городах (обусловленная загрязнением воздуха смертность населения, деленная на численность населения города в тысячах)

Поскольку у нас нет надежных данных об уровнях загрязнения малых городов PM_{10} , мы включили в общую оценку риска для всего городского населения России только нижнюю границу 90%-ного доверительного интервала риска для малых городов. Таким образом, вероятнее всего, реальный риск смертности в малых городах будет выше полученной нами оценки.

В Таблице 8 представлены оценки риска различных видов заболеваемости в разных городах.

Таблица 8. Заболеваемость, обусловленная загрязнением воздуха в выбранных городах России

	Хронический бронхит	Госпитализации	Экстренные посещения врача	Дни с ограниченной активностью	Заболевания нижних дыхательных путей у детей	Респираторные симптомы
Ачинск	733	471	4.622	948.371	5.309	3.018.292
Балаково	630	405	3.974	815.497	4.565	2.595.408
Барнаул	1.285	826	8.104	1.662.872	9.309	5.292.272
Владивосток	1.048	673	6.606	1.355.337	7.588	4.313.506
Екатеринбург	1.448	931	9.131	1.873.557	10.489	5.962.799
Иркутск	1.262	811	7.957	1.632.588	9.140	5.195.890
Каменск-Уральский	417	268	2.627	539.028	3.018	1.715.515
Комсомольск-на-Амуре	1.448	931	9.128	1.872.977	10.486	5.960.954

	Хронический бронхит	Госпитализации	Экстренные посещения врача	Дни с ограниченной активностью	Заболевания нижних дыхательных путей у детей	Респираторные симптомы
Краснодар	1.661	1.068	10.476	2.149.592	12.034	6.841.309
Липецк	2.040	1.312	12.864	2.639.498	14.777	8.400.491
Магнитогорск	1.314	845	8.285	1.699.967	9.517	5.410.329
Москва	12.445	7.273	78.474	16.101.578	90.142	51.245.022
Новороссийск	598	384	3.768	773.186	4.329	2.460.750
Новосибирск	4.104	2.639	25.881	5.310.324	29.729	16.900.684
Новотроицк	285	183	1.797	368.626	2.064	1.173.191
Нижний Новгород	3.260	2.096	20.553	4.217.199	23.609	13.421.693
Новокузнецк	1.183	760	7.457	1.530.144	8.566	4.869.850
Нижний Тагил	613	394	3.866	793.183	4.441	2.524.390
Оренбург	1.148	738	7.236	1.484.645	8.312	4.725.045
Орск	1.124	723	7.090	1.454.796	8.144	4.630.046
Санкт-Петербург	10.458	5.244	65.945	13.530.762	75.750	43.063.121
Ростов-на-Дону	2.720	1.749	17.153	3.519.476	19.703	11.201.115
Самара	1.738	1.117	10.958	2.248.442	12.588	7.155.912
Тольятти	1.682	1.082	10.609	2.176.804	12.186	6.927.914
Тюмень	1.482	953	9.346	1.917.737	10.736	6.103.406
Улан-Удэ	1.126	724	7.099	1.456.535	8.154	4.635.580
Хабаровск	1.312	844	8.275	1.697.982	9.506	5.404.011
Челябинск	1.811	1.164	11.419	2.343.033	13.117	7.456.957
Череповец	664	427	4.186	858.967	4.809	2.733.756
Чита	534	343	3.369	691.173	3.869	2.199.733
Якутск	847	544	5.339	1.095.444	6.133	3.486.370
Сумма	61.574	37.378	388.258	79.663.875	445.986	253.538.943

Оценка неопределенности и чувствительности результатов: смертность населения, обусловленная загрязнением воздуха

В ходе нашего исследования были выявлены основные источники неопределенности оценки риска для здоровья, обусловленного загрязнением воздуха в России. Хотя ВОЗ считает данные об общей смертности весьма надежными (полнота данных об общей смертности в базе данных ВОЗ за 2002 г. считалась близкой к 100%), статистика причинно обусловленной смертности городского населения менее надежна. Весьма велика неопределенность среднегодовых уровней загрязнения городов PM_{10} . Дополнительную неопределенность вносят коэффициенты для перевода TSP в $PM_{2.5}$. Кроме этого, мы включили в анализ чувствительности фоновые концентрации $PM_{2.5}$.

Для оценки вклада различных неопределенностей в неопределенность оценки общей смертности мы провели анализ чувствительности результатов методом Монте-Карло.

Смертность, обусловленная загрязнением воздуха в наиболее загрязненных городах России с населением более 100 000 чел.

Математическое ожидание смертности в выбранных наиболее загрязненных городах равно 52 500 случаев в год, соответствующее стандартное отклонение 13 000. 90% доверительный интервал простирается от 21 000 до 74 000. Неопределенность среднегодовых концентраций PM_{10} является основным источником неопределенности конечного результата (ее вклад в вариацию общей смертности равен 73%).

Смертность, обусловленная загрязнением воздуха в остальных городах России с населением более 100 000 чел. Математическое ожидание смертности в менее загрязненных городах с населением более 100 000 чел. равно 29 300 случаев в год, соответствующее стандартное отклонение 10 200. 90% доверительный интервал простирается от 12 000 до 46 000. Неопределенность среднегодовых концентраций PM_{10} является основным источником неопределенности конечного результата (ее вклад в вариацию общей смертности равен 82%).

Смертность, обусловленная загрязнением воздуха в малых городах России - городах с населением менее 100 000 чел. Математическое ожидание смертности в небольших городах равно 20 700 случаев в год, соответствующее стандартное отклонение 8 500. 90% доверительный интервал простирается от 7 000 до 35 000. Неопределенность среднегодовых концентраций PM_{10} является основным источником неопределенности конечного результата (ее вклад в вариацию общей смертности равен 82%).

Анализ чувствительности обусловленной загрязнением воздуха смертности от сердечно-легочных заболеваний показал, что неопределенность среднегодовых концентраций PM_{10} дает от 75% до 82% вклада в вариацию конечного результата. Поскольку мы не можем снизить неопределенность, связанную с коэффициентом концентрация-ответ, то следующим важным шагом будет более точное определение воздействующих доз PM_{10} и $PM_{2.5}$. В России нужно постепенно переходить от мониторинга TSP к мониторингу PM_{10} . Пока этого не сделано, будет полезно проводить выборочные замеры мобильными постами, а также делать вычисления, зная тип и характер источников промышленных выбросов и используя данные об интенсивности загрязнения воздуха автотранспортом. Следующим шагом должен стать прямой мониторинг концентраций $PM_{2.5}$. Как показали последние научные публикации, в настоящее время накоплено достаточно доказательств того, что загрязнение воздуха взвешенными веществами действительно опасно для

здоровья, но механизм этого воздействия можно понять, только изучая $PM_{2.5}$. Корреляционные взаимосвязи между загрязнением воздуха более крупными частицами (PM_{10}) и показателями здоровья недостаточно убедительны. Таким образом, мониторинг содержания $PM_{2.5}$ в атмосфере становится ключевым элементом оценки риска для здоровья. Этот вывод вместе с результатами анализа чувствительности приводит к новому направлению в управлении риском для здоровья и требует дальнейшего развития методологии оценки риска для здоровья в России.

Экономическая оценка ущерба для здоровья, обусловленного загрязнением воздуха твердыми частицами

1. Оценка смертности

Экономическая оценка ежегодного ущерба для здоровья от загрязнения воздуха представлена в Таблице 9. Экономический ущерб от одного случая дополнительной смерти принят равным стоимости среднестатистической жизни в России, вычисленной методом «переноса выгод». Этот метод предполагает, что стоимость среднестатистической жизни в России равна произведению стоимости среднестатистической жизни в развитых странах на отношение ВВП на душу населения в России и в этих странах.

Таблица 9. Оценка стоимости среднестатистической жизни в России

	Верхняя граница	Нижняя граница	Источник
Средняя стоимость среднестатистической жизни в странах с высоким доходом (млн. долл. США)	2,5	1,5	Mrozek and Taylor (2002)
Среднее душевой ВВП в странах с высоким доходом (млн. долл. США)	30 000	30 000	Всемирный банк, 2004*
Душевой ВВП в России в 2004 г. (млн. долл. США)	4300	4300	Всемирный банк, 2004
Эластичность дохода	1,0	1,0	
Оценка стоимости среднестатистической жизни в России (млн. руб.)**	10	6	Метод переноса выгод

*) Средневзвешенный ВВП на душу населения, основанный на выборке стран из работы (Mrozek and Taylor, 2002).

***) Используя средний обменный курс в 2004 году - 28,5 руб. за доллар США

Суммарная экономическая оценка ежегодного ущерба от смертности, обусловленной загрязнением воздуха, для выбранных российских городов (то есть ущерб от 88 800 ежегодных смертей от сердечно-легочных заболеваний) составила около 400 млрд. рублей. Это около 4% российского ВВП. Если же оценивать стоимость среднестатистической жизни по методу Вискузи [Viscusi, 2002], как это рекомендует USEPA, то эта стоимость будет равна 6 млн. долл.

При этом верхняя граница суммарной экономической оценки ежегодного ущерба от смертности, обусловленной загрязнением воздуха, поднимется до 12% ВВП.

Если же применить метод Монте-Карло с равномерным распределением стоимости среднестатистической жизни в России от значения этого показателя в Европе (284 000 долл.) до значения этого показателя в США (851 000 долл.), то суммарная экономическая оценка ежегодного ущерба от смертности, обусловленной загрязнением воздуха, будет равна 7,7% ВВП, ее стандартное отклонение 2,9% ВВП, а 90% доверительный интервал от 3,6% до 12,8% ВВП. Вклад неопределенности стоимости жизни в общую неопределенность оценки ущерба составит 65%.

Таким образом, с помощью метода Монте-Карло мы показали, что ущерб для здоровья, вызванный загрязнением воздуха, довольно значителен и может составить от 4% до 13% ВВП.¹⁰ Хотя прогноз смертности более или менее симметричен, функция распределения плотности вероятности экономического ущерба смещена влево (см. рис. 7 ниже). Это означает, что вероятность того, что ущерб от загрязнения воздуха окажется больше его среднего значения, будет выше, чем вероятность того, что он окажется меньше среднего.

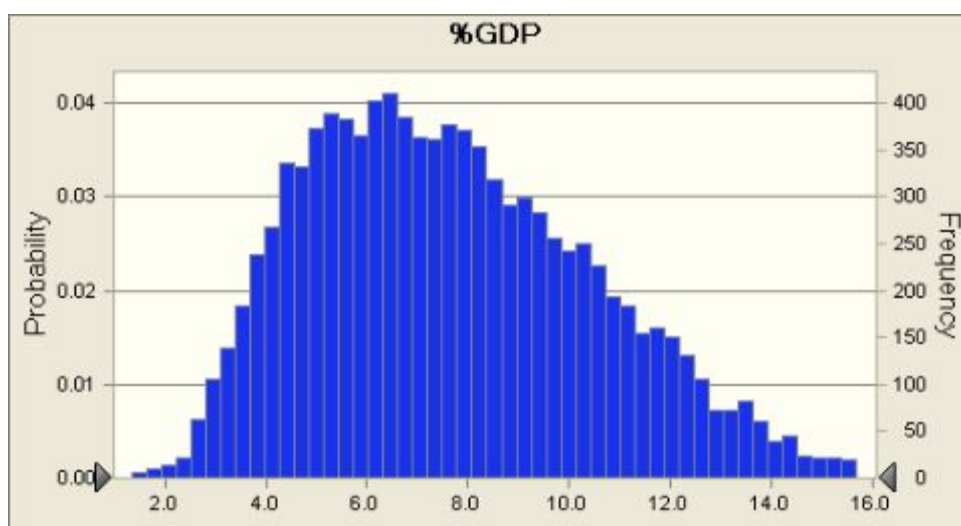


Рис. 7. Экономическая оценка ущерба, связанного с загрязнением воздуха в России, в % от ВВП

¹⁰ В недавней речи Президента Путина было озвучено, что ущерб от автомобильных аварий в России равен 2% ВВП. Поскольку смертность от загрязнения воздуха более чем в 2 раза превышает число жертв автокатастроф, то экономическая оценка ущерба для здоровья, связанного с загрязнением воздуха, должна составить около 4-5% ВВП.

2. Экономическая оценка заболеваемости

Для экономической оценки ущерба от заболеваемости часто используется готовность платить за предотвращение или снижение риска заболеть. Как было показано во многих исследованиях, готовность платить часто оказывается в несколько раз выше, чем стоимость лечения и стоимость потраченного на лечение времени [Cropper and Oates, 1992], что отражает стремление людей избежать боли и дискомфорта, вызванного заболеванием. В России пока не предпринималось исследований готовности платить за предотвращение болезни. Поэтому вместо метода готовности платить мы использовали метод оценки стоимости болезни, которая включает главным образом стоимость лечения и стоимость потраченного на лечение времени. Мы оценивали заболеваемость только в городах с высоким уровнем загрязнения воздуха, так что наша оценка не учитывает заболеваемость во всех остальных городах. Мы также не пытались учитывать, во сколько люди оценивают боль и страдания во время болезни. Таким образом, в Таблице 10 представлены лишь самые консервативные оценки стоимости различных заболеваний, вызванных загрязнением воздуха.

Таблица 10. Оценка ежегодного ущерба от заболеваемости и других вредных эффектов для здоровья, вызванных загрязнением воздуха, млрд. руб.

Категории эффектов для здоровья	Общий ежегодный ущерб*
Хронический бронхит	2,1
Госпитализации	0,4
Экстренные посещения врача	0,7
Дни с ограниченной активностью (для взрослых)	4
Заболевания нижних дыхательных путей у детей	0,5
Респираторные симптомы (для взрослых)	0
Общая стоимость заболеваемости	7,7

Стоимость заболеваний оценивалась на основе реальных экономических потерь, без адекватного учета боли и дискомфорта от болезней, поскольку в России отсутствуют исследования готовности платить за снижение риска заболеваемости. Применение метода переноса выгод также вряд ли уместно в данном случае, поскольку структура системы здравоохранения и культура

здравоохранения населения в разных странах сильно различаются. Особенно сильны различия между развитыми и развивающимися странами. Эти различия влияют на предпочтения населения, а, следовательно, и на готовность платить за медицинские услуги и профилактику заболеваемости.

Как следует из наших результатов, экономическая оценка смертности сильно превышает ущерб от заболеваемости, если стоимость среднестатистической жизни оценивать методом «потери благосостояния». Ущерб от смертности составил около 99% суммарного ущерба. Кроме этого, экономическая оценка заболеваемости сопряжена с большими неопределенностями. Поэтому в данном исследовании мы делаем вывод о том, что основной вклад в ущерб от загрязнения воздуха должна давать именно смертности, а не заболеваемость.

Обсуждение результатов

Основной результат нашего исследования - около 6% смертности городского населения России обусловлено загрязнением воздуха. Суммарная смертность от загрязнения воздуха оценивается в 88 800 случаев в год. Из них 52 500 случаев приходится на наиболее загрязненные города (12% общей смертности в этих городах), 29 300 приходится на остальные крупные города с населением свыше 100 000 чел. (5% общей смертности в этих городах), и 7000 случаев приходится на малые города (около 1% общей смертности в этих городах). Даже наиболее консервативная оценка риска смертности, обусловленной загрязнением воздуха, дает результат, значительно превышающий смертность от таких важных причин, как туберкулез, ДТП и др. (см. таблицу 11).

Таблица 11. Сравнение смертности от загрязнения воздуха с другими категориями смертности в России

	Число случаев
Все причины	2.332.272
Загрязнение воздуха*	88.800
Туберкулез	31.197
Все внешние причины	339.296
ДТП	41.751
Отравления	64.359
Самоубийства	55.330
Убийства	44.252
Населения, тыс. чел.	144.500

Источник: Смертность от загрязнения воздуха – оценки авторов; смертность от других причин – ВОЗ [ВНО, 2002].

Вклад загрязнения воздуха в общую смертность, как и можно было ожидать, максимален в крупных городах с наиболее высоким уровнем загрязнения (12%), в которых проживает около 30 млн. россиян. Мы считаем, что с методической точки зрения было бы неверно экстраполировать такой высокий вклад загрязнения на все население России, поскольку при оценке риска концентрации загрязняющих веществ нельзя рассматривать в отрыве от доли населения, подверженного воздействию этих концентраций. К сожалению, для распространения нашего метода на всю страну не хватает надежных данных о концентрациях загрязняющих веществ в остальных городах, где проживает около 60% городского населения России. Поэтому мы формулируем несколько весьма консервативных предположений и приходим к следующей интегральной оценке вклада смертности от загрязнения воздуха в общую смертность: для всей страны в целом этот вклад равен примерно 6%. Даже эта весьма консервативная оценка показывает, что от загрязнения воздуха погибает больше людей, чем от многих других причин, таких как автокатастрофы, туберкулез и т.д. Поэтому экономический ущерб от смертности, обусловленной загрязнением воздуха, оказывается настолько значительным, что в недалеком будущем он может превысить выгоды от экономического роста, если восстановительный рост российской экономики приведет к увеличению производства в наиболее «грязных» отраслях. В этом случае можно ожидать экономической стагнации, поскольку дополнительная заболеваемость и смертность не только станут огромным бременем для экономики, но и уменьшат численность трудоспособного населения.

Методология экономической оценки риска для здоровья пока несовершенна и весьма противоречива. В России и других странах СНГ пока не было исследований готовности платить за снижение риска заболеваемости и смертности. Поэтому единственным методом экономической оценки ущерба остается метод переноса выгод. Этот метод приводит к следующей оценке ущерба от смертности, обусловленной загрязнением воздуха: этот ущерб может быть равен от 4 до 13% ВВП.

Анализ риска всегда сопряжен с большими неопределенностями входных параметров. Наше исследование выявило важнейшие факторы неопределенности риска смертности от сердечно-легочных заболеваний,

обусловленной загрязнением воздуха. Мы выяснили, что неопределенность среднегодовых концентраций «отвечает» за 75-82% неопределенности результирующего риска. Поскольку мы не можем легко устранить неопределенность коэффициента доза-ответ, то следующим важным шагом должно стать уточнение воздействующих уровней PM_{10} и $PM_{2.5}$. Система управления качеством воздуха в России должна переключиться с мониторинга TSP на мониторинг PM_{10} . Пока этого не произошло, полезно проводить выборочные замеры на мобильных постах, с целью проверки правильности используемых коэффициентов PM_{10}/TSP . Мы также рекомендуем разработать такие коэффициенты для отдельных отраслей промышленности и с учетом интенсивности движения автотранспорта. Следующим шагом должно стать обязательное измерение концентраций $PM_{2.5}$. Как показали новейшие эпидемиологические исследования, статистическая связь смертности с уровнями $PM_{2.5}$ гораздо сильнее, чем с уровнями PM_{10} или TSP. Коэффициенты доза-ответ для PM_{10} или TSP не обладают достаточным уровнем статистической достоверности. Поэтому для более точной оценки риска загрязнения воздуха твердыми частицами необходимо прямое измерение концентраций $PM_{2.5}$. Этот вывод, как и проведенный в работе анализ чувствительности, указывает направление будущего развития методологии анализа риска и управления риском в России.

Как показал анализ чувствительности результатов оценки риска к вариации входных параметров, хотя данные об общей смертности достаточно надежны, данные о смертности от различных причин менее надежны. Совсем ненадежны фоновые данные о заболеваемости, поэтому их использование требует некоторых важных предположений, которые могут повлиять на конечный результат оценки риска. Наконец, качество публикуемых данных о концентрациях TSP и переводные коэффициенты $PM_{2.5}/TSP$ вносят дополнительные неопределенности, также влияющие на конечные результаты оценки риска, особенно в малых городах.

Несмотря на упомянутые выше факторы неопределенности, проведенный авторами анализ позволяет обосновать приоритеты национальной политики в области охраны здоровья населения. Основным приоритетом должно стать снижение загрязнения воздуха взвешенными веществами в наиболее загрязненных и крупных городах России. Следующим шагом могло бы быть выявление наиболее низкочастотных мер по снижению

риска для здоровья, методом анализа эффективности затрат на снижение загрязнения воздуха в выбранных городах. Примеры такого анализа можно найти в работах [Larson et al., 1999 и Данилов-Данильян, 2003]. В этих работах было показано, что значительная доля риска для здоровья может быть устранена без высоких затрат. Более того, некоторые из этих затрат могут быть покрыты доходами, которые Россия получит от участия в механизмах гибкости Киотского Протокола. Как показано в монографии Данилова-Данильяна (2003), большинство мероприятий по улучшению эффективности в секторе энергетики сопряжены со снижениями выбросов как локальных загрязнителей (твердых частиц, SO₂, NO_x), так и глобальных загрязнителей (CO₂).

Выводы и рекомендации

Данное исследование показало значение и важность анализа риска при определении направлений будущего развития экологической политики в России. Сравнив относительный вклад загрязнения воздуха со вкладами других причин в общую смертность, авторы настоящего исследования обосновали целесообразность повышения приоритетности управления загрязнением воздуха среди более широкого спектра задач национальной политики в области здравоохранения. Методология анализа риска для здоровья позволяет среди сотен загрязняющих атмосферу веществ выделить несколько наиболее важных для дальнейшего изучения веществ. Хотя новые данные могут значительно увеличить точность полученных нами оценок риска, проведенный в данной работе анализ дает убедительную и достаточную основу для решительных действий, направленных на снижение загрязнения воздуха твердыми частицами в России. Более того, наш анализ продемонстрировал, что снижения выбросов углекислого газа, если эти снижения сопровождаются снижением выбросов обычных загрязняющих веществ, приведут к краткосрочным экономическим выгодам, поскольку будет уменьшена сердечно-легочная заболеваемость и смертность. Поэтому необходимо координировать экологическую политику на глобальном и на местном уровнях.

На основе результатов данного исследования авторы предлагают следующие рекомендации:

1. Российское Правительство должно сделать управление содержанием твердых частиц в атмосфере приоритетным направлением политики в

области здравоохранения и начать и инвентаризацию выбросов взвешенных веществ с целью снижения воздействующих доз.

2. Российское Правительство должно заказать и профинансировать специальное исследование, посвященное анализу эффективности затрат, для последующей расстановки приоритетов среди различных мероприятий по снижению загрязнения воздуха и снижению соответствующего ущерба для здоровья.
3. Российское Правительство должно немедленно организовать систему контроля за содержанием PM_{10} в важнейших городах и регионах Российской Федерации.
4. В перспективе, Россия должна будет перейти к измерению содержания $PM_{2.5}$ в атмосферном воздухе. Национальные планы действий по охране окружающей среды должны формулировать стратегические цели в терминах снижения концентраций как $PM_{2.5}$, так и PM_{10} .
5. Российское министерство здравоохранения должно улучшить качество статистической отчетности о причинно обусловленной заболеваемости и смертности¹¹.
6. Для уточнения экономического ущерба от заболеваемости и смертности, обусловленной загрязнением воздуха, необходимы дополнительные исследования.

Приложение I: Вывод формулы для оценки риска смертности

Для оценки хронических рисков в эпидемиологической литературе часто используется модель пропорциональной опасности Кокса (Cox proportional hazards model). Основное уравнение этой модели имеет вид:

$$y_C = -[y_B * (e^{-\beta * \Delta C} - 1)] * pop \quad (1)$$

В этой формуле использованы следующие обозначения:

y_C – дополнительное число вредных эффектов для здоровья (заболеваний или смертей);

ΔC – изменение средневзвешенной (с учетом численности населения) среднегодовой концентрации критерий-загрязнителя¹²;

β – коэффициент концентрация-ответ, который определяется в эпидемиологических исследованиях;

¹¹ В Российской Федерации завершается проект Всемирного банка, предлагающий модернизацию системы медицинской статистики. Прим. Редактора.

¹² Взвешенные вещества могут использоваться как индикатор общего загрязнения воздуха.

y_B – фоновый уровень данного негативного эффекта;

pop – число людей, к которому возможно применить коэффициент β .

Довольно часто результат эпидемиологических исследований выражается в относительном риске (RR), связанном с изменением среднегодовой концентрации критерий-загрязнителя. В этом случае

$$RR_{\Delta C} = e^{-\beta \Delta C}$$

и

$$\beta = \frac{\ln(RR)}{\Delta C}.$$

Если коэффициент β достаточно мал, то относительный риск можно считать квази-линейной функцией внутри наблюдаемого диапазона концентраций (см., например, работу (Pope et al., 2002, стр.1139). Тогда β может быть аппроксимирован следующим приблизительным соотношением:

$$\beta = RR - 1. \quad (2)$$

Для незначительных изменений среднегодовой концентрации критерий-загрязнителя внутри наблюдаемого диапазона значений допустимо использовать линейную связь между приростом негативного эффекта для здоровья и изменением среднегодовой концентрации критерий-загрязнителя:

$$y_C = \beta * \Delta C * y_B * pop. \quad (3)$$

Тогда β есть коэффициент доза-ответ, который отражает прирост негативного эффекта для здоровья, вызванный единичным изменением среднегодовой концентрации критерий-загрязнителя (β есть угол наклона прямой концентрация-ответ). Для $PM_{2.5}$ были вычислены коэффициенты β , соответствующие следующим эффектам: смертность от всех причин, смертность от сердечно-легочных заболеваний и смертность только от рака легкого, см. [Pope et al., 2002]. Такие коэффициенты β выражены в процентном изменении соответствующего эффекта, вызванном единичным изменением концентрации загрязняющего вещества.

При оценке общего риска для здоровья, обусловленного загрязнением воздуха, мы учли разницу между наблюдаемой (регистрируемой) и фоновой смертностью. Для оценки дополнительной смертности y_C , соответствующей наблюдаемой концентрации загрязнителя C (например, $PM_{2.5}$), мы использовали формулу (4), предполагая линейную взаимосвязь между экспозицией и смертностью в пределах реально наблюдаемых дозовых нагрузок. В этом случае y_B есть неизвестная величина, определяемая

уравнением (5), а y_0 есть регистрируемая причинно обусловленная смертность (это может быть смертность от всех причин, кроме случайных, смертность от сердечно-легочных заболеваний и смертность от рака легкого).

$$y_C = \beta * \Delta C * y_B \quad (4)$$

$$y_B = y_0 - y_C \quad (5)$$

Подставляя уравнение (4) в (5), мы получим следующее уравнение для y_C :

$$y_C = \beta * (\Delta C) * y_0 / \{1 + \beta * (\Delta C)\}.$$

Литература

1. Бобылев С., Авалиани С., Голуб А., Сидоренко В., Сафонов Г., Струкова Е. Макроэкономическая оценка ущерба для здоровья населения, вызванного загрязнением воздуха в России, М., 2002
2. Всероссийская перепись населения 2002 г., <http://www.perepis2002.ru/index.html?id=13>; <http://antropotok.archipelag.ru/perepis/pr06.htm>
3. Главная геофизическая обсерватория им.Воейкова. Качество воздуха в важнейших городах России за 10 лет. СПб., 1999
4. Госкомстат Российской Федерации. Официальные данные о причинах смертности в выбранных городах Российской Федерации. 2005
5. Государственный доклад о состоянии окружающей среды в Российской Федерации за 1997 г., часть 1, Глава 1
6. Основы оценки риска для здоровья от химического загрязнения. Онищенко Г.Г., Авалиани С.А., Новиков С.М., Рахманин Ю.А., Буштуева К.А. М., НИИ ЭК и ГОС, 2002
7. Ревич Б. и соавт. Труды семинара по экологической ситуации в Москве. Презентация Москомэкологии. Май 2006 г.
8. Семутникова Е.Г., Захарова П.В., Лезина Е.А. Стратегия получения информации о качестве атмосферного воздуха в Москве для оценки его воздействия на здоровье населения. Основные результаты мониторинга
9. Chow J.C. and Watson J.G. 1998. Guideline on Speciated Particulate Monitoring. Available at: <http://www.epa.gov/ttnamti1/files/ambient/pm25/spec/drisspec.pdf>, accessed 30 October 2006
10. Cohen A.J., Anderson H.R., Ostro B., Pandey K.D., Krzyzanowski M., Kuenzli N., Gutschmidt K., Pope C.A., Romieu I., Samet J.M., Smith K.R. Mortality impacts of urban air pollution. In: Comparative Quantification of Health Risks: Global and Regional Burden of Disease Due to Selected Major Risk Factors (Ezzati M, Lopez AD, Rodgers A, Murray CJL, eds), vol 2. World Health Organization, Geneva, Switzerland, 2004
11. Cropper M. and Oates W. Environmental Economics: A Survey. Journal of Economic Literature, 1992, Vol. XXX, 675-740 p.
12. Dockery D.W. and Pope C.A. Acute respiratory effects of particulate air pollution. Annu Rev Public Health, 1994, 15:107-32

13. Golub A., Dudek D., Droste-Franke B., Ksenofontov M., Strukova E., Friedrich R., Markandya A. Economic growth, fuel mix and air quality in Russia. Washington, DC: Environmental Defense, 2003
14. Jedrychowski W. Review of Recent Studies from Central and Eastern Europe Associating Respiratory Health Effects with High Levels of Exposure to "Traditional" Air Pollutants. *Environ Health Perspect*, 1995, 103 (S):15-21
15. Katsouyanni K., Touloumi G., Samoli E., Gryparis A., Le Tertre A., Monopoli Y., Rossi G., Zmirou D., Ballester F., Boumgbar A., Anderson H.R., Wojtyniak B., Paldy A., Braunstein R., Pekkanen J., Schindler C., Schwartz J. Confounding and Effect Modification in the Short-Term Effects of Ambient Particles on Total Mortality: Results from 29 European Cities within the APHEA 2 Project. *Epidemiology*, 2001, 12(5): 521-531
16. Kingkade W. Population Trends: Russia. U.S. Department of Commerce, Economics and Statistics Administration, 1997. Bureau of the Census. Available at: <http://www.census.gov/ipc/prod/ib96-2.pdf>, accessed 30 October 2006
17. Künzli N., Kaiser R., Medina S., Studnicka M., Chanel O., Filliger P., Herry M., Horak Jr. F., Puybonnieux-Texier V., Quénel P., Schneider J., Seethaler R., Vergnaud J-C., Sommer H. Public-health impact of outdoor and traffic-related air pollution: a European assessment, 2000, *Lancet* 356, Sept. 2, 795-801 p.
18. Larsen B. Cost of Environmental Damage in Colombia: A Socio-Economic and Environmental Health Risk Assessment. Prepared for the Ministry of Environment, Housing and Land Development of Republic of Colombia, 2004
19. Larson B., Avaliani S., Golub A., et al. The Economics of Air Pollution Health Risks in Russia: A Case Study of Volgograd. *World Development*, 1999, 27(10):1803-19
20. Mrozek J. and Taylor L. What Determines the Value of Life? A Meta Analysis. *Journal of Policy Analysis and Management*, 2002, Vol. 21 (2): 253-270
21. Niederman M. et al. Treatment Cost of Acute Exacerbations of Chronic Bronchitis. *Clinical Therapy*, 1999, 21(3): 576-91
22. Ostro B. Outdoor Air Pollution: Assessing the environmental burden of disease at national and local levels. Geneva, World Health organization. WHO Environmental Burden of Disease Series, 2004, № 5
23. Ostro B., Sanchez J.M., Aranda C., Eskeland G.S. Air pollution and mortality: Results from a study of Santiago, Chile. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, 1996, 6, 97-114 p.
24. Pietarila H., Walden J., Myllynen M., Hanhijärvi M., Serebriy I., Khmelny I. Report On Air Quality Management System In St. Petersburg. Working Paper in Environmental Cooperation Project between the City of St. Petersburg and Finnish Cities on Enhancing Air Quality Monitoring System In St. Petersburg Through Regional Cooperation, 2006
25. Pope C.A. III, Burnett R.T., Thun M.J., et al. Lung cancer, Cardiopulmonary mortality, and Long-term exposure to Fine particulate air pollution. *Journal of the American Medical Association*, 2002, 287 (9): 1132-1141
26. Privalova L., Wilcock E., Katsnelson B. Keane S., Cunningham K., Kuzmin S., Voronin S., Nikonov B., Gurvich V. Some Considerations Concerning Multimedia-Multipollutant Risk Assessment Methodology: Use of Epidemiologic Data for Non-Cancer Risk Assessment in Russia. *Environmental Health Perspectives*, 2001, Vol. 109, 1, 7-13 p., <http://ehpnet1.niehs.nih.gov/docs/2001/109p7-13privalova/abstract.html>
27. Reshetin V. and Kazazyan V. Public-health Impact of outdoor air pollution in Russia. *Environmental Modelling and Assessment*, 2004, 9: 43-50

28. Samet J.M., Zeger S.L., Dominici F., et al. The National Morbidity, Mortality, and Air Pollution Study. Part II: Morbidity and Mortality from Air Pollution in the United States. Health Effects Institute, 2000, Number 94, Part II
29. Samoli E., Analitis A., Touloumi G., et al. Estimating the Exposure-Response Relationships between Particulate Matter and Mortality withing the APHEA Multicity Project. Environ Health Perspect, 2005, 113 (1): 88-95
30. Schwartz J. Air pollution and daily mortality: A review and meta analysis. Environmental research, 1994, 64, 36-52
31. Shibuya K., Mathers C., and Lopez A. Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD): Consistent Estimates of Incidence, Prevalence, and Mortality by WHO Region. Global Programme on Evidence for Health Policy. World Health Organization. November 2001
32. Shkolnikov V., McKee M., Leon D.A. Changes in life expectancy in Russia in the mid-1990's. The Lancet, 2001, 357:917-921
33. The Economics of Air Pollution Health Risks in Russia: A Case Study of Volgograd. NIS-EEP Project. Environment Discussion Paper, № 38
34. Viscusi W.K. and Aldi J.E. The Value of a Statistical Life: A critical review of market estimates throughout the world. Discussion Paper, 2002, No. 392. Harvard Law School. Cambridge, MA. United States
35. Wheeler D. Deichmann U., Pandey K., Hamilton K., Ostro B., Bolt K. Air Pollution in World Cities (PM10 Concentrations), 2004. Available at: <http://econ.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/EXTDEC/EXTRESEARCH/0,,contentMDK:20785646~pagePK:64214825~piPK:64214943~theSitePK:469382,00.html>. Accessed June 30, 2006
36. White House Office of Management and Budget 1998. Report to Congress on the Costs and Benefits of Federal Regulations. Available at : <http://www.whitehouse.gov/omb/info/foreg/costbenefitreport1998.pdf>, accessed 30 October 2006
37. World Bank. Dying Too Young. Addressing Premature Mortality and Ill Health Due to Non-Communicable Diseases and Injuries in the Russian Federation. Washington DC, 2005
38. World Development Indicators (WDI). World Bank, 2005, Washington DC.
39. World Health Organization 2002. Table 1: Numbers and rates of registered deaths. Available at: http://www3.who.int/whosis/mort/table1_process.cfm, accessed 30 October 2006
40. World Health Organization 2002a. The World Health Report 2002 - Reducing Risks, Promoting Healthy Life. Available at: <http://www.who.int/whr/2002/en/>, accessed 28 October 2006
41. World Health Organization 2006. Table 3: Estimated completeness of mortality data for latest year. Available at: http://www3.who.int/whosis/mort/table3.cfm?path=whosis,inds,mort,mort_table3&language=english, accessed 30 October 2006

Новиков С.М.¹, Иваненко А.В.², Скворцова Н.С.¹, Кислицин В.А.¹

¹. ГУ НИИ экологии человека и гигиены окружающей среды им.А.Н.Сысина РАМН.

². ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в городе Москве», Москва

Labrisk@comcor.ru

Влияние непродолжительных изменений температуры в г.Москве на риск для здоровья от загрязнения атмосферного воздуха

В настоящее время во всем мире все чаще наблюдаются аномальные отклонения погодных условий от многолетних норм. Аномально высокие температуры в ряде регионов Европы летом 2003 года привели к 23 тыс. дополнительным случаям смерти. Особенно тяжелая ситуация сложилась в Париже, где дополнительное число смертей составило 14 тыс. Неблагоприятная санитарно-экологическая ситуация связанная со смогом летом 2002 г., принесла не только много неудобств москвичам, но и нанесла ущерб природе Подмосковья и здоровью населения Москвы и Московской области.

Как известно изменения климата могут оказывать негативное влияние на экономическую и социальную сферу общества, а также на здоровье населения (болезни, связанные с повышенной температурой, смертность от повышенной температуры, возникновение злокачественных опухолей, психические отклонения, изменения качества жизни и др.). В связи с этим ученые всех стран мира в последнее время все больше внимания уделяют изучению влияния на здоровье населения глобального изменения климата и нередко связанное с этим увеличение уровня загрязнения атмосферного воздуха.

Разработка критериев оценки влияния погодных условий и загрязнения атмосферного воздуха в настоящее время является актуальной общемировой проблемой очень важной и для России. В нашей стране накоплены разносторонние наблюдения и данные, характеризующие возможное влияние изменений климата на качество окружающей среды.

На территории Российской Федерации осенью 2005 года отмечалась не характерная для данного времени года погода: сентябрь 2005 г. – самый теплый в истории России; во многих регионах превышены рекордные или близкие к ним значения среднемесячной температуры воздуха; в ноябре 2005

года господствовали крупные положительные аномалии температуры воздуха; на большей части европейской части России осадков осенью 2005 года выпало в 2-4 раза меньше нормы;

В московском регионе в осенний период 2005 года наблюдалось: средняя за весь октябрь температура воздуха составила – +6.0°, аномалия – +0.9°. За период с 01.10.2005 по 21.10.2005 по нашим расчетам средняя температура составила 7.2 °. В то время как за соответствующий период 2004 г. она составила 6.0 °; Сумма осадков, выпавших в Москве осенью 2005г., составляет 88 мм. (входит в десятку самых сухих осенних сезонов в Москве с 1891 г.) Последний раз подобная сухая осень была в Москве в 1975 г.; в сентябре в Москве выпало всего 12 мм осадков (18% месячной нормы). В октябре выпало 45 мм осадков, что составляет 75% от нормы; сочетание повышенного фона температур и дефицита осадков привело к возрастанию пожароопасности. В восточных районах Подмосковья отмечалось возгорание торфяников. Например, в Шатурском районе, отмечалась мгла с видимостью не более 40 метров.

Отсутствие осадков и безветренная погода в течение длительного времени создали благоприятные условия для накопления химических веществ в приземных слоях атмосферы (от промышленных предприятий и автотранспорта), образования смога, что привело к многочисленным авариям на дорогах и ухудшению самочувствия людей.

Отмечено, что в дни с повышенной температурой воздуха, наблюдается более высокий уровень загрязнения атмосферного воздуха на территории г. Москвы, что может быть связано с температурными инверсиями в приземном слое, отсутствием движения воздушных масс (штиль), которые препятствуют рассеиванию химических веществ, загрязняющих атмосферный воздух.

Многочисленные эпидемиологические исследования и установленные зависимости «экспозиция – ответ» подтверждают, что даже от непродолжительного повышения среднесуточной температуры в сочетании с повышенным уровнем загрязнения атмосферного воздуха такими химическими веществами как азот и сера диоксиды, взвешенные вещества мелкодисперсной фракции (PM₁₀), озон возможен значительный ущерб здоровью населения в виде увеличения смертности, госпитализации по причине обострения

заболеваний сердечно-сосудистой системы, органов дыхания (хронический бронхит, обострения бронхиальной астмы) и др.

Наиболее подвержены влиянию таких воздействий чувствительные группы населения: пожилые люди, дети, а также лица, страдающие хроническими заболеваниями.

Для детального анализа возможного воздействия на здоровье населения загрязнений атмосферного воздуха в период смоговых ситуаций были собраны и проанализированы среднесуточные и максимальные концентрации таких химических веществ как азот диоксид, сера диоксид, азот оксид, PM_{10} , озон, углерод оксид в период с 1 по 20 октября 2005 г.

Для оценки уровней загрязнения атмосферного воздуха в административных округах Москвы с 1 по 20 октября 2005 г. были собраны и проанализированы данные со стационарных постов контроля за качеством атмосферного воздуха ГПУ «Мосэкомониторинг». Получены суточные, средние за весь оцениваемый период и максимальные концентрации химических веществ в атмосферном воздухе АО Москвы.

Для подтверждения более высокого уровня загрязнения атмосферного воздуха Москвы в 2005 г. в анализ были включены среднесуточные и максимальные концентрации химических веществ за аналогичный период 2004 г.

Анализ среднесуточных и максимальных концентраций уровней загрязнения атмосферного воздуха АО Москвы с 1 по 20 октября 2005 г. показал, что более высокие уровни отмечались в северной, северо-западной, центральной, юго-западной частях города; на стационарных постах ГПУ «Мосэкомониторинг» № 31 (СЗАО), № 16 (ЗАО), № 20 (ЮЗАО), № 21 (ВАО) регистрировались наиболее высокие максимальные и средние концентрации (концентраций химических веществ превышают ПДК с.с. в 2-5 раз) (рис. 1 и 2).

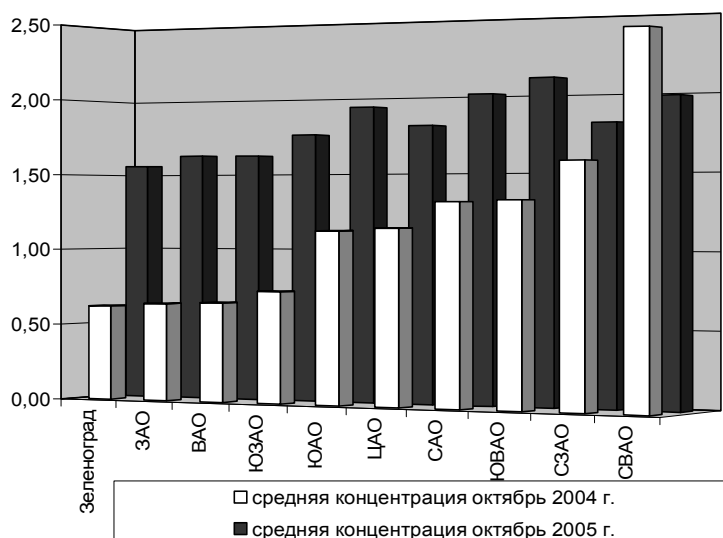


Рис.1. Средние концентрации углерод оксида в атмосферном воздухе г. Москвы в октябре 2004 и 2005 гг.

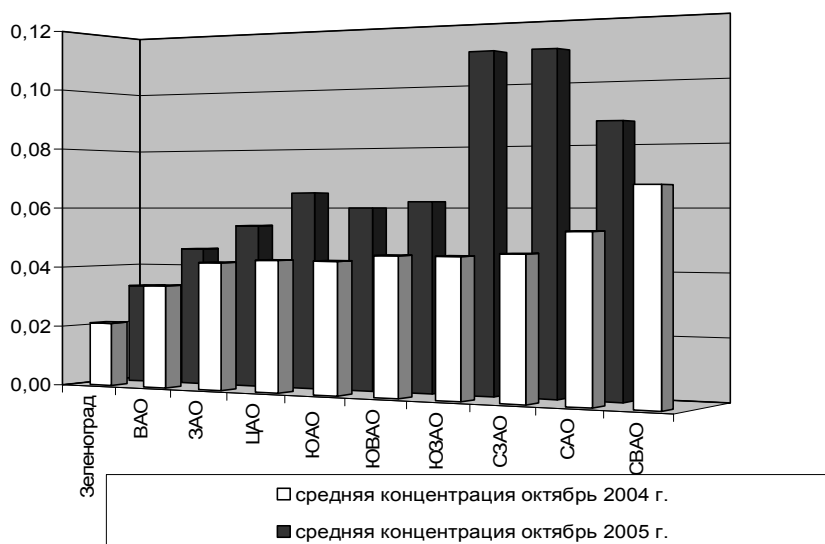


Рис.2. Средние концентрации азот диоксида в атмосферном воздухе г. Москвы в октябре 2004 и 2005 гг.

За рассматриваемый период в 2005 г. в розе ветров ветры восточного направления (В, СВ, ЮВ) в сумме составили необычно большой процент (28%) по сравнению с характерным сценарием для этого периода года. Например, за 2004 г. наблюдалось всего 10% ветров указанного направления. Это объясняет повышенный уровень загрязнения воздуха в западной части Москвы в рассматриваемый период 2005 г. по сравнению с восточной частью города.

Расчет дополнительного числа случаев неблагоприятных эффектов от воздействия PM_{10} в период с 1 по 20 октября 2005 года на территории Южного и Юго-Восточного административных округов Москвы с использованием

установленных зависимостей «экспозиция-ответ» показал, что дополнительное число смертей в Южном административном округе составило 17 случаев, в Юго-Восточном – 30 случаев. Госпитализация по поводу обструктивных заболеваний легких 492 случая в юго-восточном округе и 283 случая в южном АО Москвы (табл.1).

Таблица 1. Дополнительное число случаев неблагоприятных эффектов от воздействия взвешенных веществ (PM₁₀)

Эффект	Южный округ (1579500 чел.)	Юго-восточный округ (1152800 чел.)
Общая смертность	17,4	30,2
Смертность от сердечно-сосудистых заболеваний	0,6	1,0
Смертность от органов дыхания	0,14	0,24
Госпитализация по поводу обострения бронхиальной астмы	121,7	210,8
Госпитализация по поводу респираторных заболеваний	10,1	17,5
Хронический бронхит	12,6	21,8
Госпитализация по поводу сердечно-сосудистых заболеваний	21,3	36,9
Госпитализация по поводу обструктивных заболеваний легких	283,7	491,5
Госпитализация по поводу ишемической болезни сердца	59,4	102,9

Наибольшее суммарное число неблагоприятных эффектов от воздействия всех анализируемых химических веществ (азот диоксид, сера диоксид, PM₁₀, озон, углерод оксид), также отмечено на территории Юго-восточного и Южного административных округов (табл.2). Это связано с тем, что наиболее опасные для здоровья мелкодисперсные взвешенные частицы PM₁₀, которые и увеличивают натуральный ущерб от воздействия всех анализируемых химических веществ в несколько раз, контролировались в атмосферном воздухе только на территории ЮВАО и ЮАО Москвы. Полученные результаты подчеркивает необходимость обязательного контроля в атмосферном воздухе взвешенных веществ и особенно их мелкодисперсных фракций (PM₁₀ и PM_{2,5}).

Таблица 2. Суммарное число неблагоприятных эффектов от воздействия химических веществ, контролируемых на территориях АО г.Москвы

Округ	Смертность			Инфаркт миокарда	Госпитализация по поводу обострения бронх. астмы
	Общая	от сердечно-сосудистых заболеваний	от заболеваний органов дыхания		
СВАО	0,8	0,6	0,0	0,2	66,7
Зеленоград	1,4	1,2	14,9	0,3	85,4
ВАО	1,4	1,1	3,3	0,4	96,5
ЗАО	1,7	1,4	0,1	0,5	110,0
ЦАО	2,0	1,6	9,8	0,6	131,6
СЗАО	3,1	2,5	9,8	0,9	190,3
САО	3,0	2,4	0,2	0,9	193,1
ЮЗАО	3,2	2,7	0,2	1,0	196,8
ЮАО*	19,2	2,0	0,2	0,5	241,8
ЮВАО*	32,3	2,6	0,3	0,6	345,6

Примечание - * - с учетом вклада неблагоприятных эффектов от воздействия РМ10.

Рассчитанный уровень дополнительного числа случаев неблагоприятных эффектов для здоровья населения Москвы от воздействия химических веществ загрязняющих атмосферный воздух в октябре 2005 г. выше в среднем в 2,5-4 раза, чем рассчитанный ущерб здоровью населения от воздействия химических веществ контролируемых в атмосферном воздухе г.Москвы в октябре 2004 года.

Анализ суточной госпитализации по скорой медицинской помощи, по данным Департамента здравоохранения г.Москвы, в период с 1 по 20 октября 2004 и 2005 гг. показал, что за оцениваемый период 2005 г. отмечался рост на 10% по сравнению с аналогичным периодом 2004 г.

Для подтверждения возможного влияния погодных условий на изменение уровня техногенного загрязнения атмосферного воздуха города проводилось оценочное моделирование рассеивания выбросов от 15 ТЭЦ Москвы за период 1-20 октября 2004 г. и 2005 г.

Математическое моделирование проводилось с применением модели ISCST3, позволяющей рассчитывать осреднения приземных концентраций за каждые 24 часа (сутки) рассматриваемого периода времени и с использованием данных из нашей работы по анализу риска здоровью от

воздействия выбросов ТЭЦ Москвы. На рис. 3 и 4 приведены полученные средние концентрации выбросов азота диоксида, серы диоксида для каждого из АО Москвы в сравнении с аналогичными концентрациями за 2004г.

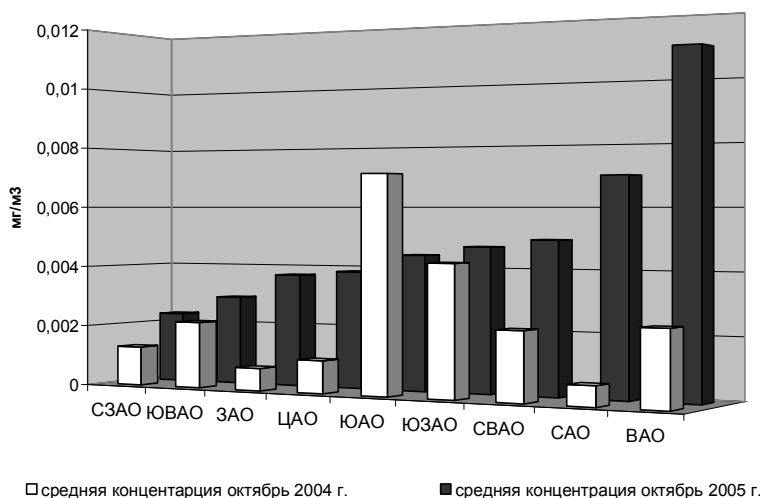


Рис. 3. Средние концентрации азот диоксида в атмосферном воздухе АО Москвы, содержащихся в выбросах ТЭЦ (моделирование) в октябре 2004 и 2005 гг.

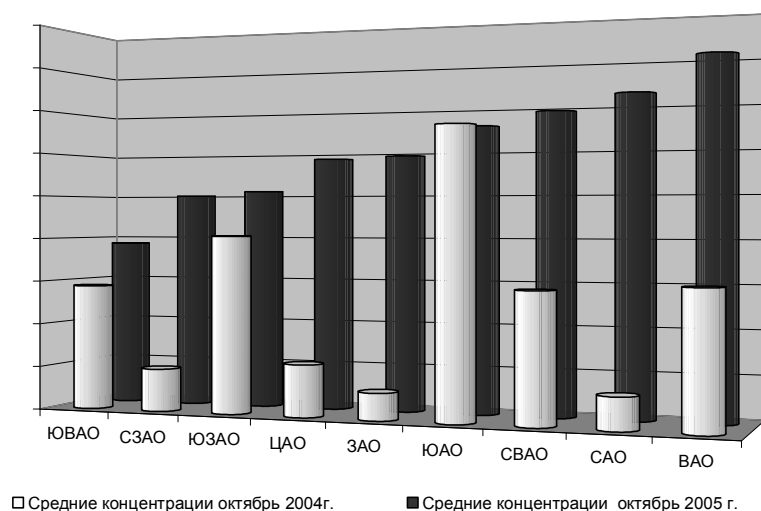


Рис. 4. Средние концентрации серы диоксида в атмосферном воздухе АО Москвы, содержащихся в выбросах ТЭЦ (моделирование) в октябре 2004 и 2005 гг.

Полученные результаты моделирования показывают значительное возрастание (от 1,5 до 14 раз) приземных концентраций проанализированных компонентов воздушных выбросов ТЭЦ в большинстве АО г.Москвы в октябре 2005 года. На основании этих данных, можно сделать вывод, что уровни концентрации химических веществ в атмосферном воздухе характерные для других промышленных предприятий также возрастали в тот период времени.

Именно совместное влияние погодных условий и техногенного загрязнения было зафиксировано мониторингом за уровнем загрязнения атмосферного воздуха Москвы.

Также необходимо отметить, что в настоящее время ведутся дискуссии возможности более широкого применения резервных видов топлива при работе предприятий топливно-энергетического комплекса, то есть, частичной замены газа на мазут и уголь. В этом случае в воздух будет поступать больше азота диоксида, серы диоксида и углерода оксида, а также увеличится содержание наиболее неблагоприятных для здоровья населения мелкодисперсных взвешенных частиц, а также ряда канцерогенов.

По материалам ГПУ «Мосэкомониторинг» использование резервного топлива обуславливает увеличение содержания химических веществ в атмосферном воздухе (взвешенные вещества, сера диоксид) в атмосферном воздухе: 2-3 недели в год; максимальные уровни SO₂ (3-4 дня в год увеличение средних уровней в 7-10 раз).

Воздействие данных повышенных концентраций диоксида серы приведет к увеличению: общей смертности на 4,7-7,1 % в сутки; смертности от сердечно-сосудистых заболеваний на 10,6 – 15,8 % в сутки; смертности от респираторных заболеваний на 7,2 – 10,8 % в сутки; госпитализации по поводу респираторных заболеваний (взрослые в возрасте 65 лет и старше) - 3,6 % в сутки;

Даже если в нормальных погодных условиях подобное увеличение выбросов не будет чрезмерно воздействовать на здоровье, то при аномальных погодных условиях, аналогичных рассмотренным, это может привести к значительному, критическому возрастанию отрицательного воздействия на здоровье москвичей.

Необходимо отметить, что для снижения воздействия на здоровье населения химических веществ загрязняющих атмосферный воздух в периоды аномальных увеличений температуры и опасных изменений других погодных условий необходимо предусмотреть возможность административного ограничения роста уровня загрязнения за счет временного сокращения уровня выбросов промышленных предприятий.

Литература

1. Берлянд М.Е. Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнение атмосферы. Л., 1975, с. 155-158.

2. Мониторинг качества атмосферного воздуха для оценки воздействия на здоровье человека. //Региональные публикации ВОЗ, Европейская серия, N 85. Копенгаген, 1998
3. Новиков С.М. , Аксенова О.И. , Семутникова Е.Г. , и др. Оценка ущербов здоровью населения г. Москвы, связанных с загрязнением атмосферного воздуха летом 2002 года. //Гигиена и санитария, 2003
4. Braga A.L.F., Zanobetti A., schwartz J. The effect of weather on respiratory and cardiovascular deaths in 12 U.S. cities. //Environmental Health Perspectives, 2002. Vol. 110, p. 859–863
5. Dockery, D. W., C. A. Pope III. "Acute respiratory effects of particulate air pollution". Ann. Rev. Public Health, 1994, Vol.15, p.107-132
6. Hurley, J. F., Donnan, P.T. Effects of Air Pollution on Health. Report for the ExternE Project, EC DGXII (JOULE Programme). In European Commission, 1997
7. Rupa Basu, Jonatahan M. Samet. An exposure assessment study of ambient heat exposure in an elderly population in Baltimore, Maryland //Environmental Health Perspectives, 2002, Vol. 110, №12, p.1219 – 1223.

**Гурфинкель Ю.И.¹, Митрофанова Т.А.², Кукуй Л.М.⁴, Трубина М.А.⁵,
Перов А.Ю.³, Тедорадзе Р.В.³, Канониди Х.Д.²**

¹ Центральная клиническая больница № 1 ОАО РЖД, yugurf@aha.ru

² Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн РАН

³ Троицкая клиническая больница РАН

⁴ Покровская клиническая больница № 1 г. Санкт-Петербург

⁵ Российский государственный гидрометеорологический университет, Санкт-Петербург, trubina@rshu.ru

Результаты многоцентровых статистических исследований влияния геомагнитных возмущений на острую сердечно-сосудистую и церебральную патологию

Ишемическая болезнь сердца, получившая в ушедшем столетии большое распространение в развитых странах, послужила серьезным стимулом в развитии современной кардиологии. Однако, несмотря на ее несомненные успехи, многие проблемы требуют решения и, в частности, проблема значительного роста сердечно-сосудистой патологии в периоды повышения солнечной и геомагнитной активности.

Ежегодно около миллиона американцев умирают от ИБС. Стенозирующий атеросклероз коронарных артерий выявляется примерно у 90 % больных ИБС. У 10 % каких-либо изменений коронарных артерий не обнаруживают [Perain, 1994]. По данным American Heart Association (2003) 61.8 млн. жителей США страдают теми или иными формами сердечно-сосудистых заболеваний, от которых погибло в 2000 году 39% от общего количества умерших (23 % умерло от онкологических заболеваний, 38% от других причин). Не лучше обстоит дело и у нас. По данным демографического ежегодника России (2005), доля в общем числе умерших от болезней системы кровообращения в 2004 году составила 56,1 %. Из них 26,7 % (613 836 человек) составили умершие от ИБС (из них 2,7% умерло от инфаркта миокарда).

Первым, кто показал совпадение случаев внезапной смерти с прохождением солнечных пятен через центральный меридиан Солнца, был швейцарец Киндлиманн (1925). В 1910 году в Бургдорфе он сделал первое наблюдение, которое положило начало дальнейшему собиранию материала. В

приведенной им таблице за период 1904-1924 гг. можно увидеть, что в годы максимальной активности Солнца (в 1906-1907 и в 1916-1919) число случаев внезапной смерти увеличивается до 1,5 раз по сравнению со спокойным периодом.

А.Л. Чижевский, изучая общую смертность по Москве за период 1862-1926 гг., пришел к выводу о тесной связи максимумов солнечной активности и общей смертности, преимущественно обусловленной эпидемиями. В своей книге «Земное эхо солнечных бурь» он особенно подробно цитирует результаты исследований братьев Дюль [Dull, Dull, 1937], сопоставивших данные о смертности по Копенгагену в том числе и от сердечно-сосудистых заболеваний, полученных в период с 1928 по 1932 гг., с геомагнитными бурями. Помимо Копенгагена в исследование были вовлечены аналогичные данные Цюриха и Франкфурта-на-Майне. Затем статистические данные были пополнены материалами Берлина, Гамбурга и Будапешта. В результате такого многоцентрового исследования (24739 случая смерти) было доказано ярко выраженное синхронное для всех указанных выше городов Европы влияние магнитных бурь на показатели смертности.

В последние десятилетия медико-биологические эффекты геомагнитных бурь исследованы Бреус Т.К. и соавт., (1992) по материалам Скорой помощи Москвы, Птицына Н.Г. и соавт., (1997), исследовали связь между параметрами геомагнитной активности и статистическими показателями различных заболеваний в Санкт Петербурге в 1981,1989-1990, 1994-1995 г.г. Анализ заболеваемости и смертности от инфаркта миокарда по данным станции Скорой помощи и 14 основных больниц города, в том числе, специализированных, показал рост числа инфарктов миокарда во время сильных геомагнитных возмущений.

В монографии Н.А. Агаджаняна и соавт. (2001), приводится анализ банка данных Станции скорой помощи г. Тверь за 1997-1999 годы. За магнитоактивные дни авторы принимали как сами дни, магнитных бурь, так и сутки до их начала и двое суток после окончания. Используя метод «наложения эпох», авторы показали, что в период магнитной бури среднесуточное количество заболевших инфарктом миокарда (всего проанализировано 2150 случаев) увеличивается на 76,4%.

В нашем исследовании [Гурфинкель, Кулешова, 1996] впервые была проанализирована заболеваемость острой сердечно-сосудистой патологией,

когда отбирались только случаи с точно установленной датой заболевания, а не датой госпитализации. Необходимо отметить, что диагноз, который устанавливает фельдшер или врач Скорой помощи на догоспитальном этапе по понятным причинам в условиях больницы, оснащенной современными методами инструментальной и лабораторной диагностики, может быть изменен. Вот почему нам представлялось целесообразным провести статистическое исследование массива данных клинического отделения, где сведения о диагнозе и дате начала заболевания представлены достаточно точно. Для этого была рассмотрена суточная частота появления таких сердечно-сосудистых заболеваний как инфаркт миокарда, стенокардия, остро возникшие нарушения ритма сердца, нарушения мозгового кровообращения, зарегистрированные в период 1992-1993 гг. в отделении интенсивной терапии КБ № 3 МПС РФ (Москва). Также рассматривалось суточное число летальных исходов, в 60% обусловленных сердечно-сосудистыми заболеваниями. Магнитная активность представлена сведениями о продолжительности и интенсивности геомагнитных бурь, зарегистрированных в Магнитной обсерватории ИЗМИРАН (г. Троицк Московской области). Всего в этот период наблюдалось 90 магнитных бурь. Из них 35 было малых, 38 – умеренных, больших и очень больших – 17. Далее строились временные ряды магнитной активности и суточного числа случаев по отдельным заболеваниям и летальным исходам. Сопоставление этих рядов показало, что во время магнитных бурь в большинстве случаев увеличивается частота появления острой сердечно-сосудистой патологии. Коэффициент биотропности ($K_{\text{бт}}$), отражающий отношение количества случаев летальных исходов, нарушений сердечного ритма, стенокардии, острого нарушения мозгового кровообращения и инфаркта миокарда в период геомагнитных возмущений к количеству этих нозологических единиц в спокойный в геомагнитном отношении период составил для каждой из них 1,2; 1,45; 1,5; 1,9 и 2,5 соответственно.

В наибольшей степени влияние геомагнитных возмущений на пациентов, страдающих сердечно-сосудистыми заболеваниями, проявлялось зимой. Зимой и в период равноденствий во время магнитных бурь также увеличивалось количество летальных исходов ($K_{\text{бт}}=1,6$), летом их количество возрастало не более чем на 25 % ($K_{\text{бт}}=1,25$). Эти данные в определенной мере перекликаются с результатами исследований Андроновой Т.И. и соавт., (1982), установивших увеличение смертности от инфаркта миокарда весной ($K_{\text{бт}} = 1,38$)

и осенью ($K_{6T} = 1,48$) по сравнению с летними месяцами, когда K_{6T} колебался от 1,16 до 1,28. В этом исследовании методом «наложения эпох» были определены дни максимального количества скоропостижных смертей от инфаркта миокарда и инсульта. Авторами обнаружено, что максимальное количество скоропостижных смертей от инфаркта миокарда в среднем за все годы приходится на 2-е сутки после, *начала* геомагнитного возмущения, для инсультов это – первые сутки.

На связь между солнечной, геомагнитной активностью и госпитальной смертностью от инфаркта миокарда указывает Stoupe E. и соавт., (1995), Исследовался период с 1981 по 1989 годы. Данные смертности за месяц соотносились с месячными индексами солнечной и геомагнитной активности. Коэффициент корреляции составил 0.35 ($p < 0.001$). Ими также обнаружена корреляция между месячным количеством самоубийств за период с 1974 по 1989 годы и протонными вспышками ($r = 0.42$, $p = 0.0001$).

Целью представленного ниже исследования, явилась оценка влияния геомагнитных возмущений на развитие острого инфаркта миокарда, острых нарушений мозгового кровообращения (ОНМК) в ряде московских клиник, а также в разных регионах России. В исследование включены также данные больницы скорой помощи г. Батуми (Грузия).

Материал и методы

Нами был исследован материал, накопленный отделением реанимации КБ №3 МПС РФ, впоследствии ЦКБ №1 ОАО РЖД за период с 1992 по 2005 гг., Троицкой клинической больницы РАН за 5 лет с (1999-2003 г.г.), Госпиталем ветеранов войны (Москва) за 7 лет (1995-2001 г.г.), больницы скорой помощи г. Батуми (Грузия) за 3,5 года (2000-2003 г.г.), Калининградских городской и областной больницы за 1,5 года (2002-2003 г.г.), а также данные Покровской городской клинической больницы №1 Санкт-Петербурга за 4 года с 2001 по 2004 годы. Всего 9939 случая острого инфаркта миокарда и 10714 случая острого нарушения мозгового кровообращения с точно установленной датой начала заболевания (Табл.1).

Таблица 1. Продолжительность наблюдений и распределение случаев острого инфаркта миокарда и острого нарушения мозгового кровообращения (ОНМК) в лечебных учреждениях регионов.

Название больницы	Период наблюдений	Инфаркт миокарда (количество случаев)	ОНМК (количество случаев)
Центральная клиническая больница ОАО РЖД, Москва	14 лет (1992-2005 гг.)	1537	1223
Троицкая клиническая больница РАН	5 лет (1999-2003 гг.)	342	256
Госпиталь ветеранов войны, Москва	7 лет (1995-2001 гг.)	1747	–
Батуми, больница скорой помощи	3,5 года (2000-2003 гг.)	481	1351
Калининград, Городская и областная больницы	1,5 года (2002-2003 гг.)	630	1940
Покровская городская больница № 1, СПб	4года (2001-2004 гг.)	5191	5942
ВСЕГО случаев		9928	10712

Диагноз и дата острого инфаркта миокарда определялись на основе клинико-anamnestических, и инструментальных методов, включавших ежедневную запись ЭКГ в 12-ти отведениях, эхокардиографического исследования, лабораторных методов с трех- четырехкратным определением креатинфосфокиназы, миоглобина, тропонина, аминотрансфераз и ряда других клинических тестов, позволивших с достаточной точностью установить дату развития инфаркта миокарда. Случаи, когда точную дату заболевания установить не удавалось, в исследование не включались. Диагноз и дата острого нарушения мозгового кровообращения устанавливалась на основании клинико-anamnestических данных, подтвержденных компьютерно-томографическим исследованием.

Основным методом обработки экспериментального материала явился уже упоминавшийся выше метод «наложенных эпох» [Мустель, 1968]. Количество заболевших в магнитоактивные периоды сравнивалось с количеством заболевших в «магнитоспокойное» время и подсчитывалось среднесуточное число (среднесуточная частота) заболевших сердечно-сосудистыми заболеваниями, приходящихся на один магнитоактивный день (c_1) и один магнитоспокойный день (c_2) с целью получения **коэффициента**

биотропности $k_{\text{бм}} = c_1/c_2$, определяющего количественную меру воздействия геомагнитных возмущений на частоту возникновения указанных заболеваний.

Данные о магнитной активности за указанный период получены в Институте земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн РАН (ИЗМИРАН). Для оценки состояния магнитного поля использовался *k-индекс* – трехчасовая характеристика в баллах от 0 (спокойное поле) до 9 (сильно возмущенное состояние). Использовались также сведения о продолжительности магнитных бурь и их интенсивности.

Результаты исследований

Для расчетов находилось среднесуточное количество заболеваний непосредственно во время геомагнитного возмущения. С этими данными сравнивались показатели других дней: количество заболевших за день до начала магнитной бури (**-1**), в первые сутки после ее окончания (**+1**) и во вторые сутки (**+2**). Остальной временной период в расчетах обозначен как магнитоспокойный, т.е. существенных вариаций магнитного поля Земли за это время не было.

Результаты исследования представлены в табл.2. В среднем количество заболевших инфарктом миокарда в магнитоактивные дни превысило количество заболевших в магнитоспокойные дни в 2,0 раза. Для пациентов с острыми нарушениями мозгового кровообращения среднее значение коэффициента биотропности составило 2,02.

В качестве примеров приводится среднесуточная заболеваемость и коэффициент биотропности по годам ЦКБ №3 МПС РФ – ЦКБ №1 ОАО РЖД за 14 (1992-2005 включительно) лет для острого инфаркта миокарда и острого нарушения мозгового кровообращения (табл.3). Для этой же патологии представлены результаты исследования по материалу Покровской клинической больницы №1 г. Санкт-Петербурга (табл.4).

Таблица 2. Продолжительность наблюдений, распределение случаев острого инфаркта миокарда и острого нарушения мозгового кровообращения (ОНМК) в лечебных учреждениях регионов, коэффициенты биотропности.

Название больницы	Период наблюдений	Инфаркт миокарда (количество случаев)	ОНМК (количество случаев)	$K_{\text{бт}}$ ИНФАРКТА МИОКАРДА	$K_{\text{бт}}$ ОНМК
ВСЕГО случаев		9928	10712		
Центральная клиническая больница ОАО РЖД, Москва	14 лет (1992-2005 г.г.)	1537	1223	2,08	1,76
Троицкая клиническая больница РАН	5 лет (1999-2003 г.г.)	342	256	1,90	2,03
Госпиталь ветеранов войны, Москва	7 лет (1995-2001 г.г.)	1747	–	1,69	–
Батуми, больница скорой помощи	3,5 года (2000-2003 г.г.)	481	1351	1,93	2,08
Калининград, Городская и областная больницы	1,5 года (2002-2003 г.г.)	630	1940	2,40	2,10
Покровская городская больница Санкт-Петербург	4 года (2001-2004 гг)	5191	5942	2,06	2,08
Среднее значение коэффициентов биотропности				2,0	2,01
Стандартное отклонение				0,24	0,14

Распределение коэффициента биотропности по годам, начиная с 1992 по 2005 год включительно, свидетельствует о заметной вариабельности этого показателя, самое низкое значение которого, к примеру, для острого инфаркта миокарда составило 1,72 в 1996 году, а самое высокое 3,52 пришлось на 2001 год. Вероятно, включение в исследование большего количества пациентов позволило бы уменьшить амплитуду флуктуаций, тем не менее, нельзя обойти вниманием тот факт, что по инфаркту миокарда среднее значение для коэффициента биотропности составило 2,08, а для острого нарушения мозгового кровообращения 1,76.

Таблица 3. Расчет среднесуточной заболеваемости и оценка биотропного эффекта за период с 1992 по 2005 г.г. по данным ЦКБ №3 МПС – ЦКБ №1 ОАО РЖД

		ГОДЫ														Сумма
		1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	
ИНФАРКТ МИОКАРДА	НАИМЕНОВАНИЕ															
	Суммарное количество случаев	127	155	152	165	132	159	125	89	92	101	82	50	50	58	1537
	Количество случаев в магнито-активные дни, N_{MA} , чел.	39	58	60	48	20	30	31	38	39	40	26	33	19	22	503
	Продолжительность магнито-активного периода, сут.	57	85	87	58	34	31	48	73	86	53	67	145	63	82	969
	Количество случаев в магнито-спокойные дни, N_{MC} , чел.	88	97	92	117	112	129	94	51	53	61	56	17	31	36	1034
	Продолжительность магнито-спокойного периода, сут.	309	280	278	307	332	334	317	292	280	312	298	220	303	283	4145
	Среднесуточная заболеваемость в магнито-активные дни, c_{MA} , чел./сут.	0,68	0,68	0,69	0,83	0,59	0,97	0,65	0,52	0,45	0,75	0,39	0,23	0,30	0,27	0,52
	Среднесуточная заболеваемость в магнито-спокойные дни, c_{MC} , чел./сут.	0,28	0,35	0,33	0,38	0,34	0,39	0,30	0,17	0,19	0,20	0,19	0,08	0,10	0,13	0,25
Коэффициент биотропности, $k_{\text{от}} = c_{MA} / c_{MC}$	2,43	1,94	2,09	2,18	1,74	2,49	2,17	3,06	2,37	3,75	2,05	2,88	3,00	2,08	2,08	
ОНМК	Суммарное количество случаев	69	116	117	116	96	88	61	108	86	85	98	68	54	61	1223
	Количество случаев в магнито-активные дни, N_{MA} , чел.	24	39	36	27	13	13	12	32	34	22	36	36	16	19	359
	Продолжительность магнито-активного периода, сут.	57	85	87	58	34	31	48	73	86	53	67	145	63	82	969
	Количество случаев в магнито-спокойные дни, N_{MC} , чел.	45	77	81	89	83	75	49	76	52	63	62	32	38	42	864
	Продолжительность магнито-спокойного периода, сут.	309	280	278	307	332	334	317	292	280	312	298	220	303	283	4145
	Среднесуточная заболеваемость в магнито-активные дни, c_{MA} , чел./сут.	0,42	0,46	0,41	0,47	0,38	0,42	0,25	0,44	0,40	0,42	0,54	0,25	0,32	0,23	0,37
	Среднесуточная заболеваемость в магнито-спокойные дни, c_{MC} , чел./сут.	0,15	0,28	0,29	0,29	0,25	0,22	0,15	0,26	0,19	0,20	0,21	0,14	0,12	0,15	0,21
	Коэффициент биотропности, $k_{\text{от}} = c_{MA} / c_{MC}$	2,80	1,64	1,41	1,62	1,52	1,91	1,67	1,69	2,10	2,10	2,57	1,79	2,67	1,53	1,76

Таблица 4. Расчет среднесуточной заболеваемости и коэффициента биотропности с учетом количества заболевших (по данным Покровской клинической больницы №1, Санкт-Петербург)

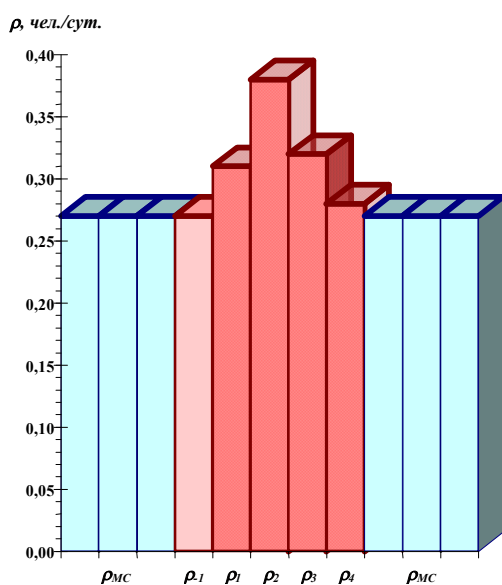
		2001	2002	2003	2004	СУММА
ИНФАРКТ МИОКАРДА	Суммарное количество случаев	1135	1226	1456	1374	5191
	Количество случаев в магнитно-активные дни, $N_{МА}$, чел.	294	377	846	420	1937
	Продолжительность магнитно-активного периода, $T_{МА}$, сут.	53	67	145	63	328
	Количество случаев в магнитно-спокойные дни, $N_{МС}$, чел.	841	849	610	954	3254
	Продолжительность магнитно-спокойного периода, $T_{МС}$, сут.	312	298	220	303	1133
	Среднесуточная заболеваемость в магнитно-активные дни, $\rho_{МА} = N_{МА}/T_{МА}$, чел./сут.	5,55	5,63	5,83	6,67	5,90
	Среднесуточная заболеваемость в магнитно-спокойные дни, $\rho_{МС} = N_{МС}/T_{МС}$, чел./сут.	2,70	2,85	2,77	3,15	2,87
	Коэффициент биотропности, $K_{от} = \rho_{МА} / \rho_{МС}$	2,06	1,98	2,10	2,12	2,06
ОСТРОЕ НАРУШЕНИЕ МОЗГОВОГО КРОВООБРАЩЕНИЯ	Суммарное количество случаев	1382	1626	1509	1425	5942
	Количество случаев в магнитно-активные дни, $N_{МА}$, чел.	374	507	924	431	2236
	Продолжительность магнитно-активного периода, $T_{МА}$, сут.	53	67	145	63	328
	Количество случаев в магнитно-спокойные дни, $N_{МС}$, чел.	1008	1119	585	994	3706
	Продолжительность магнитно-спокойного периода, $T_{МС}$, сут.	312	298	220	303	1133
	Среднесуточная заболеваемость в магнитно-активные дни, $\rho_{МА} = N_{МА}/T_{МА}$, чел./сут.	7,06	7,57	6,37	6,84	6,82
	Среднесуточная заболеваемость в магнитно-спокойные дни, $\rho_{МС} = N_{МС}/T_{МС}$, чел./сут.	3,23	3,76	2,66	3,28	3,27
	Коэффициент биотропности, $K_{от} = \rho_{МА} / \rho_{МС}$	2,18	2,01	2,39	2,08	2,08

Представляет несомненный интерес распределение заболеваемости по дням магнитной бури. Расчеты распределения среднесуточной заболеваемости по дням магнитной бури также были выполнены методом наложенных эпох для каждого заболевания в отдельности за весь период наблюдений (табл.5) и в графическом виде представлены на рисунке.

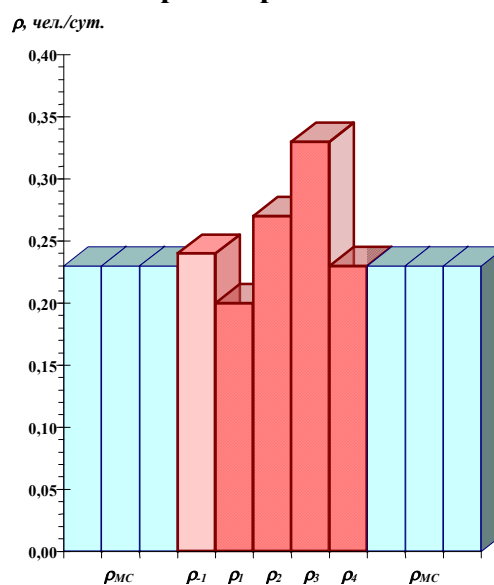
Таблица 5. Распределение среднесуточной заболеваемости инфарктом миокарда по дням магнитной бури по данным ЦКБ №3 МПС – ЦКБ №1 ОАО РЖД

Среднесуточная заболеваемость и коэффициент биотропности		ИНФАРКТ МИОКАРДА	ОНМК
Среднесуточная заболеваемость в магнитно-спокойный период $\rho_{МС}$, чел./сут.		0,27	0,23
Среднесуточная заболеваемость за сутки до начала магнитного возмущения ρ_{-1} , чел./сут.		0,31	0,24
Среднесуточная заболеваемость в период эффективного времени магнитного возмущения	Первые сутки – ρ_1 , чел./сут.	0,38	0,20
	Вторые сутки – ρ_2 , чел./сут.	0,32	0,27
	Третьи сутки – ρ_3 , чел./сут.	0,28	0,33
	Четвертые сутки – ρ_4 , чел./сут.	0,33	0,23
Среднесуточная заболеваемость в первые сутки после окончания магнитного возмущения ρ_{+1} , чел./сут.		0,27	0,23

Инфаркт миокарда



Острое нарушение мозгового кровообращения



По оси ординат отложена величина среднесуточной заболеваемости ρ , чел./сут. для инфаркта миокарда и острого нарушения мозгового кровообращения. На оси времени отмечены последовательно сутки до начала возмущения (-1) и четверо суток магнитной бури (1, 2, 3, 4). Отмечена также среднесуточная заболеваемость $\rho_{МС}$, чел./сут. в спокойный период. Как видно

из приведенных таблиц и рисунков, сильнее всего сказывается влияние геомагнитной бури на заболеваемость острым инфарктом миокарда в течение трех суток после ее начала. Максимум приходится на вторые сутки после начала магнитной бури. Данные по заболеваемости острым нарушением мозгового кровообращения свидетельствуют о том, что среднесуточная заболеваемость этим видом патологии достоверно увеличивается на вторые сутки от начала магнитной бури, а максимум заболеваемости ОНМК приходится на третьи сутки от начала геомагнитного возмущения. Обращает на себя внимание, что уже за сутки до начала магнитной бури среднесуточная заболеваемость ОНМК возрастает, что может свидетельствовать о том, что в развитии этой патологии существенную роль играет не только геомагнитный фактор, но и повышенный уровень солнечной активности.

Анализируя полученные нами результаты статистического исследования, необходимо отметить, что около 15 % магнитных бурь за период с 1992 по 2001 гг. не дали биотропного эффекта. Близкую к этой цифре – 13 % приводят Агаджанян Н.А. и соавт. (2001), основываясь на анализе статистических данных Центральной станции скорой медицинской помощи г. Твери. Банк данных включал 14406 случаев за период 1997-1999 лет, в том числе случаев инфаркта миокарда - 2150, острых нарушений мозгового кровообращения 7662 случая. Подобные результаты исследований косвенно подтверждают результаты исследований Фора и Сарду (1927), обнаруживших в 85 % негативное воздействие повышенной солнечной активности на обследованных пациентов.

Причина, по которой около 13-15 % магнитных бурь не вызывают роста заболеваемости на сегодняшний день не ясна. По мнению Клейменовой Н.Г. и Троицкой В.А., (1993), «почерк» каждой магнитной бури обусловлен ее волновой характеристикой и не обязательно связан с высокими значениями индексов геомагнитной активности. Как подчеркивают эти авторы, в ходе развития геомагнитных возмущений возникают пульсации, периоды которых совпадают с периодами некоторых биологических процессов, т.е. способны вызвать резонансные эффекты. Можно предположить, что определяющим моментом биотропности геомагнитных факторов являются внезапность начала магнитной бури, степень сжатия магнитосферы, предшествующей геомагнитной активности. Вероятно, с появлением новых приборов, которые позволяют

исследовать весь частотный диапазон магнитных бурь, появится возможность получить ответ на этот вопрос.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что в разных медицинских учреждениях в различных регионах количество заболевших острым инфарктом миокарда и острым нарушением мозгового кровообращения в дни с повышенной геомагнитной активностью достоверно превышает количество заболевших в спокойное время в среднем в два раза. Относительно высокие $K_{бт}$, вероятно обусловлены тщательностью отбора пациентов с точно установленной датой заболевания.

Проведенное статистическое исследование также показало, что влияние геомагнитных возмущений на рост указанной патологии наиболее выражено в течение первых трех суток после его начала магнитной бури.

Литература

1. Агаджанян Н.А., Ораевский В.Н., Макарова И.И., Канониди Х.Д. Медико-биологические эффекты геомагнитных возмущений. М., ИЗМИРАН, 2001, 136 с.
2. Андропова Т.И., Деряпа Н.Р., Соломатин А.П. Гелиометеотропные реакции здорового и больного человека. Л., Медицина, 1982, 247 с.
3. Бреус Т.К. и соавт. Влияние геомагнитной и солнечной активности на сердечно-сосудистые и другие хроноэпидемиологии. // Хронобиология и хрономедицина и влияние гелиогеофизических факторов на организм человека. М., ИКИ, 1992, с.146-191
4. Гурфинкель Ю.И. Ишемическая болезнь сердца и солнечная активность. М., «Эльф-3», 2004, 170 с.
5. Демографический ежегодник России, 2005, с. 339
6. Материалы Международной конференции «Космическая погода: ее влияние на биологические объекты и человека», состоявшейся в Москве 17-18 февраля 2005 г., под редакцией Атькова О.Ю. и Гурфинкеля Ю.И. М., Репроцентр, 2006, 136 с.
7. Мустель Э.Р. Метод наложения эпох // Бюлл.научн.информации Астрономического совета АН СССР, 1968, № 10.
8. Птицына Н.Г., Виллорези Дж., Тясто М.И., Ючи. Н. Геомагнитные возмущения и инфаркт миокарда: анализ данных о заболеваемости и смертности // 4-й Международный Пушинский симпозиум "Корреляции биологических и физико-химических процессов с космическими и гелио-геофизическими факторами". Пушино, 1996, С.43.
9. Gurfinkel Yu., Mitrofanova T., Parfenova L. Solar activity and coronary artery disease. Some new aspects Solar- Terrestrial influences Influences/ Proceedings of XI-th International Scientific Conference, edited by S.Panchev, 2005, pp.144-147.
10. Gurfinkel YU.I, Kuleshova V.P., Oraevskii V.N. Assessment of the effect of a geomagnetic storm on the frequency of appearance of acute cardiovascular pathology Biophysics, 1998 Jul-Aug, 43(4), p.654-8
11. Stoupe E. et al. Relationship between deaths from stroke and ischemic heart disease--environmental implications. J Basic Clin Physiol Pharmacol 1999, 10(2), p.135-139

Немцов А.В. и Нечаев А.К.

Московский научно-исследовательский институт психиатрии МЗ РФ и
Станция скорой и неотложной медицинской помощи г. Москвы

Климатические факторы заболеваемости алкогольными психозами

Введение

Потепление климата выдвигает большой ряд задач, в том числе составление реестра негативных явлений, зависящих от повышения планетарной температуры. Одно из таких явлений – алкогольные психозы, большинство из которых составляют делирии (белая горячка) – обычно кратковременное, но тяжелое заболевание, иногда со смертельным исходом. Алкогольные психозы возникают у больных алкоголизмом в среднем через 14 лет после начала заболевания [Немцов, Лошаков, 1997]. Обычно психоз начинается в связи с очередным, особенно тяжелым запоем, в конце его или, чаще, вскоре после его окончания, на фоне тягостного похмелья.

С эпидемиологической точки зрения главным фактором, определяющим заболеваемость алкогольными психозами, является уровень потребления алкоголя (2-6), который регулируется рядом социально-экономических условий. Некоторые из этих условий изменяются сравнительно медленно, в макроинтервалах времени (годы; например, экономический потенциал общества, свободное время его членов, традиции, перераспределение рынков сбыта алкогольной продукции) [Немцов, 1995]. Другие факторы потребления более динамичны и реализуются в макроинтервалах: недельный ритм жизни, выдача зарплаты, праздники [Немцов, Нечаев, 1996], наконец, резкие изменения алкогольной ситуации, как это было в СССР в связи с антиалкогольной кампанией 1985 г. [Немцов, Нечаев, Панченко, 1989] или в Дании в результате немецкой блокады в 1918 г. [Nielsen, 1965]. Все эти явления модулируют как потребление алкоголя, так и заболеваемость алкогольными психозами [Немцов, Нечаев, 1996].

Существует еще один фактор заболеваемости - сезонная цикличность, описанная также в Москве [Немцов, Нечаев, Панченко, 1989. Немцов, Нечаев, 1996], где она имела два максимума: в январе и в июле-августе. Первый пик

психозов также связан с ростом потребления, который начинается в октябре-ноябре и достигает максимума в декабре, перед наступлением нового года. Соответственно в ноябре-декабре увеличивается заболеваемость психозами, которая достигает апогея 5-11 января следующего года [Немцов, Нечаев, 1996]. В советское время было трудно судить, с чем связан этот рост потребления, что в нем является ведущим: добирает ли госбюджет недостающее в конце года или растет потребность в алкоголе. Сейчас, при полной либерализации алкогольного рынка ясно, что в октябре-декабре растет именно потребность и, соответственно, потребление. Природа этого явления не вполне ясна, связать его с приближением и наступлением зимних холодов трудно, так как уже в январе-феврале потребление резко снижается. Роль новогоднего праздника очевидна, однако непонятно, почему рост потребления начинается за два-три месяца до этого, хотя predisпозиция других праздников составляет всего несколько дней [Немцов, Нечаев, 1996].

Второй, более значительный рост алкогольных психозов наблюдался с марта по июль - август (в 1993 г. по май). Сходная сезонность заболеваемости уже описана неоднократно. При этом отмечалось, что это явление у алкогольных психозов выражено слабее в сравнении с аффективными приступами [Eastwood, Stiasny, 1978. Poikolanen, 1982]. Увеличение количества алкогольных психозов наблюдалось обычно летом [Гуревич и Серейский, 1937. Мурталибов, Шакир-Алиев, Хусанходжаев, Беспамятнов, Юлдашев, 1983], весной [Poikolanen, 1982. el-Guebaly Nady, 1987] или в весенне-летний период [Мурталибов, Шакир-Алиев, Хусанходжаев, Беспамятнов, Юлдашев, 1983. Гордейчук, 1987. Сонник, Распопов, 1988]. Описано также резкое увеличение смертности при алкогольных психозах летом: «в отдельные годы, особенно при жарком лете, летальность больных была максимальна в июле» [Насташинская, 1982].

Настоящее сообщение посвящено исследованию зависимости весенне-летнего роста алкогольных психозов от климатических условий. В соответствие с этим задачей исследования было определение соотношения весенне-летнего роста заболеваемости алкогольными психозами, во-первых, с реальным потреблением алкоголя и, во-вторых, с погодными условиями.

Материал и методы

1. Данные о количестве алкогольных психозов были получены (а) на Станции скорой и неотложной медицинской помощи Москвы и (б) в Управлении статистики Мосгорздравотдела.

а) Материал скорой помощи имел две формы, одна из которых представляла собой данные о ежедневном количестве больных алкогольными психозами, стационарированных скорой помощью в психиатрические больницы с января 1984 по март 1993 гг. После этого (апрель 1993 г.) набор материала был приостановлен из-за частичной, в течение месяца забастовки работников московской скорой помощи. По окончании забастовки ежедневный учет психозов был прекращен. Таким образом, было учтено 23 607 больных или 59,4 % больных, выписанных из больниц с тем же диагнозом. У этих больных фиксировалась дата стационарирования, которая могла на сутки (редко двое) запаздывать по отношению к началу психоза. В Москве еще 3,2 % больных были госпитализированы другими службами скорой помощи, главным образом из хирургических отделений московских больниц. Остальные 37,4 % больных поступали в больницы по направлениям районных диспансеров во время их работы, т.е. в утреннее и дневное время с понедельника по субботу.

К началу работы (январь 1986 г.) на Станции скорой помощи ежедневные данные до января 1984 г. были утрачены, но сохранился ежемесячный учет (вторая форма материала статьи). Таким образом, с 1982 по 1993 гг. учтено 38 816 больных.

Другие детали материала описаны ранее [Немцов, Нечаев, Панченко, 1989. Немцов, Нечаев, 1996].

б) Третья форма материалов была получена в Управлении статистики Мосгорздравотдела: ежегодное количество больных алкогольными психозами, выписанными из психиатрических больниц (всего 62 211 в 1982-1993 гг.).

в) В качестве контроля служили ежедневные данные скорой помощи о стационарировании в 1990-1991 гг. больных шизофренией ($n=15\ 381$), старческими психозами ($n = 2\ 140$) и психозами при органических поражениях мозга ($n = 1\ 992$).

2. Данные о государственной продаже алкогольных напитков и сахара помесячно с января 1983 г. по декабрь 1993 г. (для сахара - по декабрь 1991г.)

были представлены Московским городским управлением статистики ("Мосгорстат").

3. Данные о погодных условиях в Москве с 1 января 1990 по 31 декабря 1991 г. представлены Гидрометцентром России: среднесуточная температура воздуха в градусах по Цельсию, абсолютная влажность воздуха в граммах на кубический метр и атмосферное давление в мм ртутного столба. Данные о содержании кислорода в атмосфере в граммах на кубический метр получены в Российском научном центре реабилитации и физиотерапии МЗ РФ (расчеты А.И.Уянаевой).

4. Рутинные методы обработки материала упоминаются по ходу описания результатов.

Результаты

Летний прирост заболеваемости алкогольными психозами мог быть исследован только на материале скорой помощи, который имел ежедневное или месячное распределение. Однако этот материал включал не всех заболевших в Москве, а только большую их часть. Поэтому важно знать, как соотносятся годовые данные скорой помощи и больниц. Корреляция оказалась достаточной, чтобы считать данные скорой помощи репрезентативными для описания динамики психозов в Москве ($R_s = 0,996$; $p < 0,0001$).

Распределение заболеваемости алкогольными психозами по месяцам с 1982 по март 1994 гг. представлено на рис. 1 (данные скорой помощи), а летний прирост по отношению к февралю (годовой минимум) - в таблице 1. В связи с антиалкогольной кампанией, которая началась в июне 1985 г., прирост психозов в этом году наблюдался только с февраля по май (25,5 %, $p < 0,001$), в следующем - практически отсутствовал, что и заставило исключить эти два года из рассмотрения (таблица 1).

Потребление алкоголя в Москве, тем более его помесечное распределение, неизвестно из-за потребления нелегально производимых спиртных напитков. Регистрируемый алкоголь (алкоголь госторговли) в 1983 и 1984 гг. существенно снижался в мае-августе по сравнению с апрелем (на 8,1 % и 7,8 %; $p < 0,001$; рис. 1). В последующие годы в связи с антиалкогольной

кампанией уровень регистрируемого алкоголя сильно колебался. В эти годы до 1992-1993 гг. неизменным оставался только рост продажи в конце каждого года.

В 1983-1986 закупки сахара, главного источника самогона в России, были довольно равномерными в течение года, и значительно увеличивались только в июле в связи с переработкой садового урожая. В 1985 г. в начале антиалкогольной кампании произошло снижение закупок в июне-сентябре и рост в октябре-декабре и последующие месяцы. Можно принять закупки сахара в июне-сентябре 1985 г. за уровень пищевой нормы, что соответствует данным Института питания АМН СССР. Это дало возможность рассчитать сверхнормативные закупки сахара и соответственно потребление самогона в 1983 и 1984 гг.: 0,5 и 0,7 литра на человека в год, что составляло 4,4% и 6,2% алкоголя госпродажи (11,21 и 11,30 литра). Можно считать, что в Москве самогонварение было незначительным, что дает возможность ориентироваться на помесечную госпродажу.

Соотношение заболеваемости алкогольными психозами с потреблением алкоголя можно выразить корреляцией (по Kendall's *tau*) для 1983-1984 гг.: - 0,318 ($p < 0,03$).

Соотношение заболеваемости алкогольными психозами с погодными условиями было исследовано в течение двух лет, в 1990 и 1991 гг. (730 дней), для которых имелись погодные показатели. В эти годы на основе спектрального анализа (по Фурье) выявлялись три периодические составляющие психозов: 7 и 30 дней, а самая мощная соответствовала году (рис. 2). Те же составляющие наблюдались в годы, предшествующие антиалкогольной кампании [Немцов А.В., Нечаев А.К., 1996]. Спектральный анализ заболеваемости по другим нозологиям выявил только 7-дневную составляющую и только для больных шизофренией. Это, как и 7-дневная составляющая алкогольных психозов, скорее всего, связано с выходными днями, когда психиатрические диспансеры не работают, и большая нагрузка ложится на скорую помощь.

Все четыре среднесуточные показатели погоды коррелировали с заболеваемостью алкогольными психозами (таблица 2), хотя и разной степени, менее всего - атмосферное давление. Связь психозов с температурой и влажностью была позитивной, а с содержанием кислорода в атмосфере - отрицательной. При этом важно отметить, что три последние показателя погоды были жестко связаны между собой (таблица 2). Поэтому сомнительно,

чтобы на основе исходных данных можно было выбрать ведущий показатель. Исследование их различий на максимуме заболеваемости психозами, т. е. в июле 1990 и 1991 гг., когда заболеваемость значительно различалась (таблица 1 и рис. 1) не принесло ответа на вопрос. Оказалось, что только содержание кислорода было существенно выше в июле 1991 г. по сравнению с июлем 1990 г. (таблица 3). Однако сомнительно, чтобы различие по кислороду всего в 1% могло обеспечить различие заболеваемости в 17%. И только с позиций потепления климата и задачи исследования надо главным считать температуру и обратить особое внимание на этот показатель в связи с заболеваемостью алкогольными психозами. При этом, исходя из медицинских позиций, не следует, конечно, забывать про атмосферный кислород.

Реальные отношения психозов и атмосферной температуры представлены на рис. 3, где также изображена усредненная («сглаженная») кривая заболеваемости и температуры. Корреляционное поле после сглаживания этих показателей представлено на рис. 4 вместе с экспонентами (многочленные уравнения), описывающими динамику заболеваемости по отношению к температуре. Следует отметить, что корреляция исходных данных психозов и температуры не была одинаковой в течение исследованных двух лет, и с февраля по август 1991 г. $R_s=0,518$ ($p<0,0001$; $R^2=0,268$).

Для того, чтобы выяснить, как соотносится температура и плотность кислорода с днем возникновения психоза или с каким-либо другим из предшествующих дней, был использован метод кросскорреляции. Результаты представлены на рис. 5 вместе с медианными значениями предпсихотического запоя и похмелья, количественные характеристики которых были получены в 1993-1994 гг. на материале больных, обследованных в Московском стационаре [Немцов, Лошаков, 1997]. Эти предпсихотические характеристики были близки тем, которые описаны ранее [Nielsen, 1965. Ferguson, Suelzer, Eckert, Zhou, Duttus, 1996].

Главный результат состоит в том, что перед началом психоза корреляция температуры с будущим психозом нарастает, а содержания кислорода - падает. Максимальная корреляция психозов с температурой приходится на 12-7 день (для атмосферного кислорода на 7-ой день) перед началом психоза (рис. 5). Этот период соответствует первой половине запоя.

Обсуждение

Анализ заболеваемости алкогольными психозами в Москве в 1982-1993 гг. показывает, что регулярно в весенне-летний период с марта по июль-август существенно увеличивается количество алкогольных психозов (таблица 1), которое затем снижается к октябрю-ноябрю (рис. 1). Выше уже отмечалось, что главный фактор заболеваемости алкогольными психозами - это уровень потребления алкоголя [Немцов, Лошаков, 1997. Nielsen, 1965. Гуревич и Серейский, 1937. Wald, Jaroszewski, 1983. Jaroszewski, Dzibuszko, Muszynska-Kutner Anna, 1989]. Поэтому легче всего было связать весенне-летний рост психозов с увеличением потребления алкоголя в этот же период. Однако это предположение не проходит: именно летом, с мая по июль-август 1983-1984 гг. госторговля существенно снижала продажу спиртных напитков (рис. 1). Это выразилось отрицательной корреляцией заболеваемости и продажи спиртного. При этом важно, что в Москве в отличие от остальной России госторговля поставляла населению более 90 % потребляемого алкоголя [Nemtsov, 1998], а сверхнормативная продажа сахара, главного источника самогона в России, была в Москве очень мала. Поэтому нельзя связать весенне-летний рост алкогольных психозов в 1983-1984 г. с ростом потребления алкоголя.

В 1985 и последующие годы в связи с антиалкогольной кампанией и ростом самогонварения стало трудно оценивать реальное потребление спиртных напитков населением Москвы. Поэтому годичную динамику реального потребления алкоголя, существовавшую в 1983-1984 гг., приходится экстраполировать на последующий период и признать, что весенне-летнее нарастание заболеваемости не связано с ростом потребления спиртных напитков.

Выбор 1990 и 1991 года для анализа соотношения заболеваемости алкогольными психозами и погодных условий обусловлен тем, что в эти два года сезонные колебания заболеваемости были уже значительными и в 1991 г. были существенно больше, чем в 1990 г. (таблица 1). При этом годичные показатели алкогольной ситуации были достаточно стабильными, в частности, потребление алкоголя в 1990 и 1991 гг. составляло 11,5 и 11,2 л [Немцов, 1995], а заболеваемость алкогольными психозами - 46,1 и 51,8 на 100 000 населения соответственно. Сходными были и погодные показатели, а прирост

заболеваемости в 1991 г. скорее всего, объясняется окончанием антиалкогольной кампании и ростом потребления тех потребителей, которые благополучно пережили кампанию, сохранили свои, связанные с алкоголем риски и актуализировали их, начиная с 1987 г., когда в Москве начался рост потребления [Nemtsov, 1998].

В 1990-1991 гг. корреляция заболеваемости с атмосферным давлением практически отсутствовала. Психозы были корреляционно связаны с тремя другими характеристиками состояния атмосферы: температурой, кислородом и влажностью, которые были жестко коррелированы между собой (таблица 2), что соответствует физическим закономерностям газового состояния. В связи с этим и только на основе эпидемиологических данных невозможно выявить ведущий фактор роста психозов в летнее время. Но в свете глобальной тенденции потепления климата прежде всего должна интересоваться атмосферная температура. А это значит, что при прочих равных условиях в долгосрочной перспективе будет происходить относительный рост алкогольных психозов. Их экспоненциальная форма зависимости от температуры означает, что небольшое приращение температуры будет существенно сказываться на заболеваемости. Вполне возможно, что промежуточным патогенным фактором является сопутствующее снижение парциального давления кислорода гипоксия.

Судя по коэффициенту корреляции, вклад климатического фактора сравнительно невелик и равняется приблизительно 10-12 % (квадрат коэффициента корреляции) от всех патогенных факторов. В случае если бы удалось каким либо способом блокировать действие погодного фактора, ежегодная заболеваемость была бы на 10-12 % ниже. А это значит, что только в Москве в последние годы не возникло бы более тысячи алкогольных психозов ежегодно. В отдельные периоды (например, февраль-август 1991 г.) связанная с температурой заболеваемость может возрастать до 25%.

Результат кросскорреляции позволяет предположить, что наибольшая чувствительность больного к температуре (гипоксии) бывает в начале запоя (рис. 5), когда кросскорреляция достигает максимума. На языке теории вероятностей это означает следующее: если первая половина запоя совпадают с атмосферной неблагоприятностью (высокая температура, гипоксия), то риск возникновения психоза возрастает на 10 %.

Экспоненциальный характер зависимости заболеваемости от атмосферных условий, в частности, температурных, позволяет прогнозировать повышение заболеваемости в годы, когда ожидается особенно жаркое лето. В такие годы можно предполагать также повышение смертности при этом заболевании, как это было показано ранее [Насташинская, 1982].

Резюме

Анализ заболеваемости алкогольными психозами в Москве показывает, что с марта по июль-август существенно увеличивается количество алкогольных психозов, которое затем снижается к октябрю-ноябрю. Этот рост психозов не связан с ростом потребления алкоголя, но корреляционно зависим от роста атмосферной температуры и снижения содержания кислорода в весенне-летний период. Наибольшая чувствительность больных к климатическим факторам наблюдается в первую половину предпсихотического запоя. Погодные условия, провоцирующие алкогольный психоз, ответственны за 10-12 % заболеваний.

Таблица 1. Прирост заболеваемости алкогольными психозами в Москве в летние месяцы в 1982-1993 гг.

годы	летний максимум	прирост в % к февралю ($p < 0,001$)
1982	август	84,4
1983	август	45,6
1984	июль	30,8
1987	июль	49,0
1988	июль	31,3
1989	август	71,3
1990	июль	43,8
1991	июль	115,6
1992	август	122,6
1993	май	71,1

Таблица 2. Коэффициенты корреляции заболеваемости алкогольными психозами с атмосферными показателями в 1990-1991 гг. (по Спирману; n=730 дней). Коэффициент сверху – исходные данные, внизу – после сглаживания

	температура	содержание кислорода	давление	влажность
алкогольные психозы	0,312** 0,729**	-0,308** -0,736**	-0,101* -0,207**	0,311** 0,730
температура		-0,965** -0,991**	-0,234** -0,368**	0,851** 0,944**
содержание кислорода			0,360** 0,406**	-0,857** -0,955
давление				-0,339** -0,376**

* p < 0,01 * p < 0,0001

Таблица 3. Среднемесячные атмосферные показатели в феврале и июле 1990 и 1991 гг.

	февраль 1990	февраль 1991	p<	июль 1990	июль 1991	p<
Температура (t° C)	0,3±0,63	-6,7±1,12	0,001	17,5±0,58	18,1±0,39	-
Кислород (г/м3)	295,3±1,40	304,3±1,75	0,001	274,8±0,62	272,1±0,34	0,001
Давление (мм Hg)	743,3±1,91	752,3±1,99	0,01	743,9±0,45	745,5±0,92	-
Влажность (г/м3)	4,14±0,18	2,69±0,21	0,001	10,07±0,43	9,25±0,44	-

Подписи к рисункам

Рис. 1. Количество больных алкогольными психозами в Москве в 1982-1994 гг. (данные скорой помощи) и продажа спиртных напитков в 1983-1994 гг.

Рис. 2. Спектральный (Фурье) анализ заболеваемости алкогольными психозами в Москве в 1990-1991 гг. (n=730 дней). Главные максимумы спектральной плотности помечены треугольниками.

Рис. 3. Ежедневная заболеваемость алкогольными психозами и среднесуточная атмосферная температура в Москве с 1 января 1990 г. по 31 декабря 1991 г. (n=730 дней). Толстые линии - двойное взвешенное сглаживание заболеваемости алкогольными психозами и температуры.

Рис. 4. Соотношение заболеваемости алкогольными психозами и среднесуточной атмосферной температуры в 1990 (толстый пунктир) и в 1991 гг. (толстая линия). Соответствующие тонкие линии – экспоненты для периодов:

22.01.1990-14.11.1990 (аа) и 1.02.1991-5.12.1991 (бб). Двойное взвешенное сглаживание. Некоторые характерные дни двухлетнего периода отмечены кружками и датами.

Рис. 5. Кросскорреляция заболеваемости алкогольными психозами, среднесуточной температуры. 1 – предпсихотический запой, 2 - интервал между запоем и началом психоза (похмелье; 1).

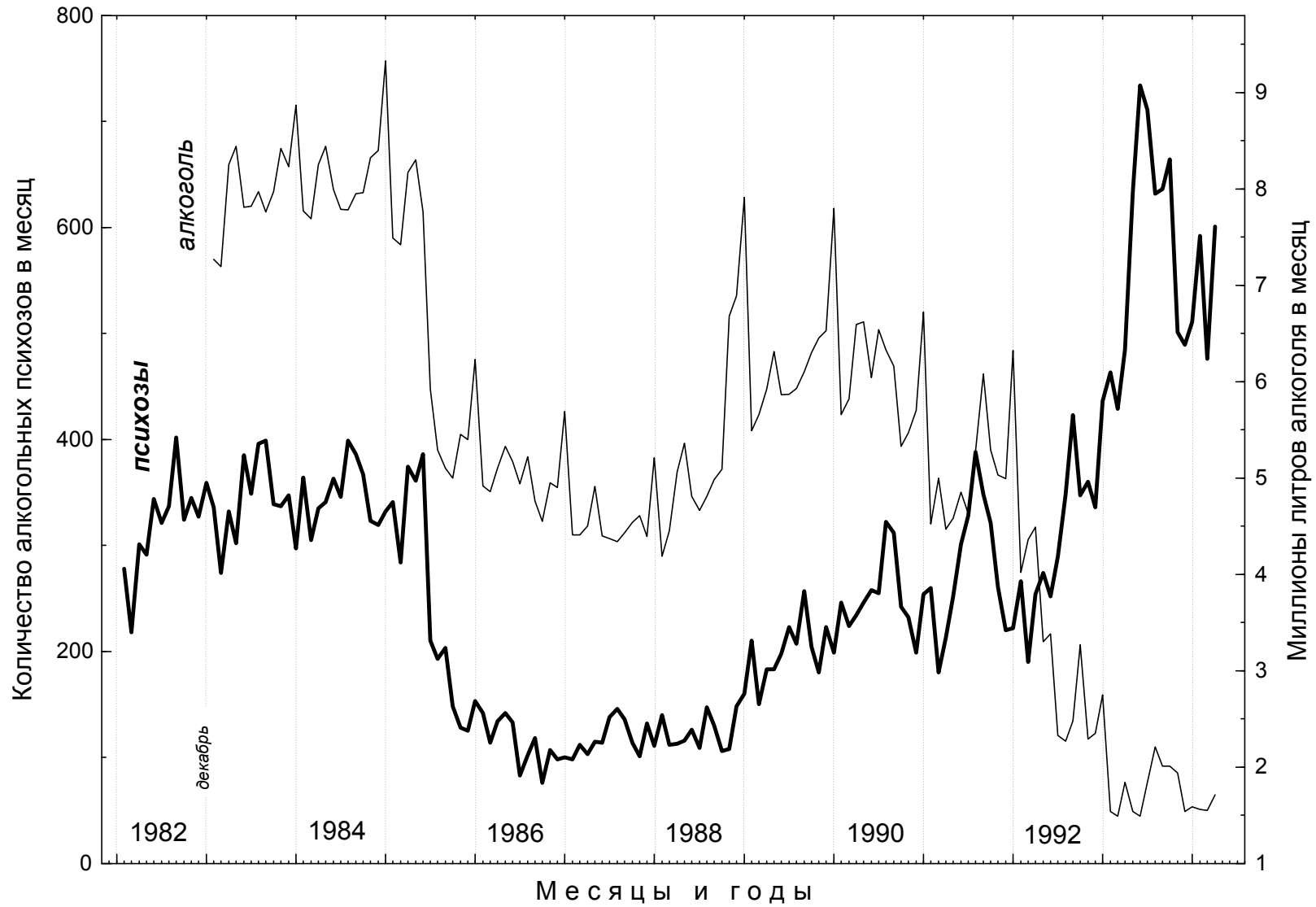


Рис. 1. Немцов – Нечаев

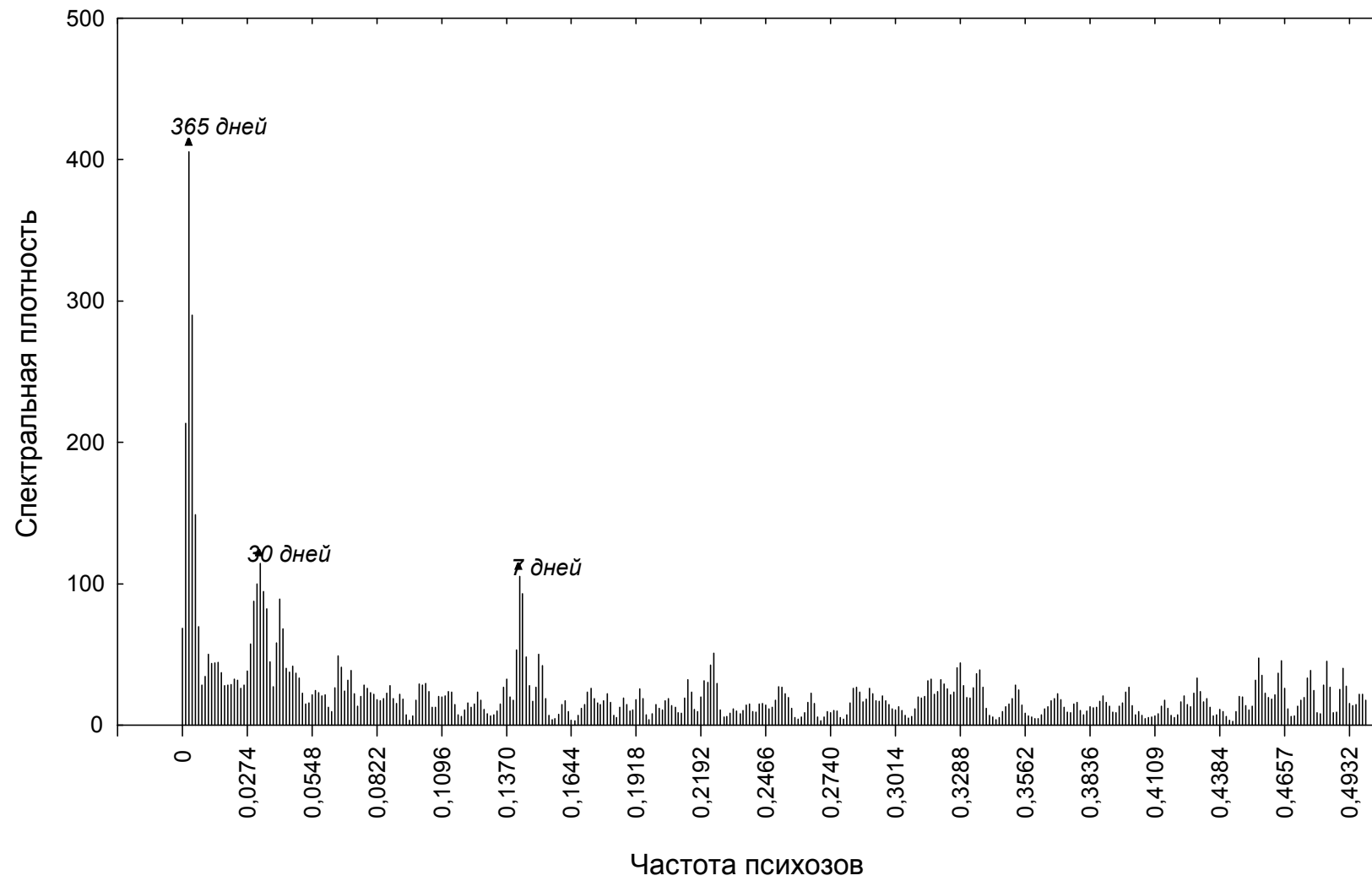


Рис. 2. Немцов –Нечаев

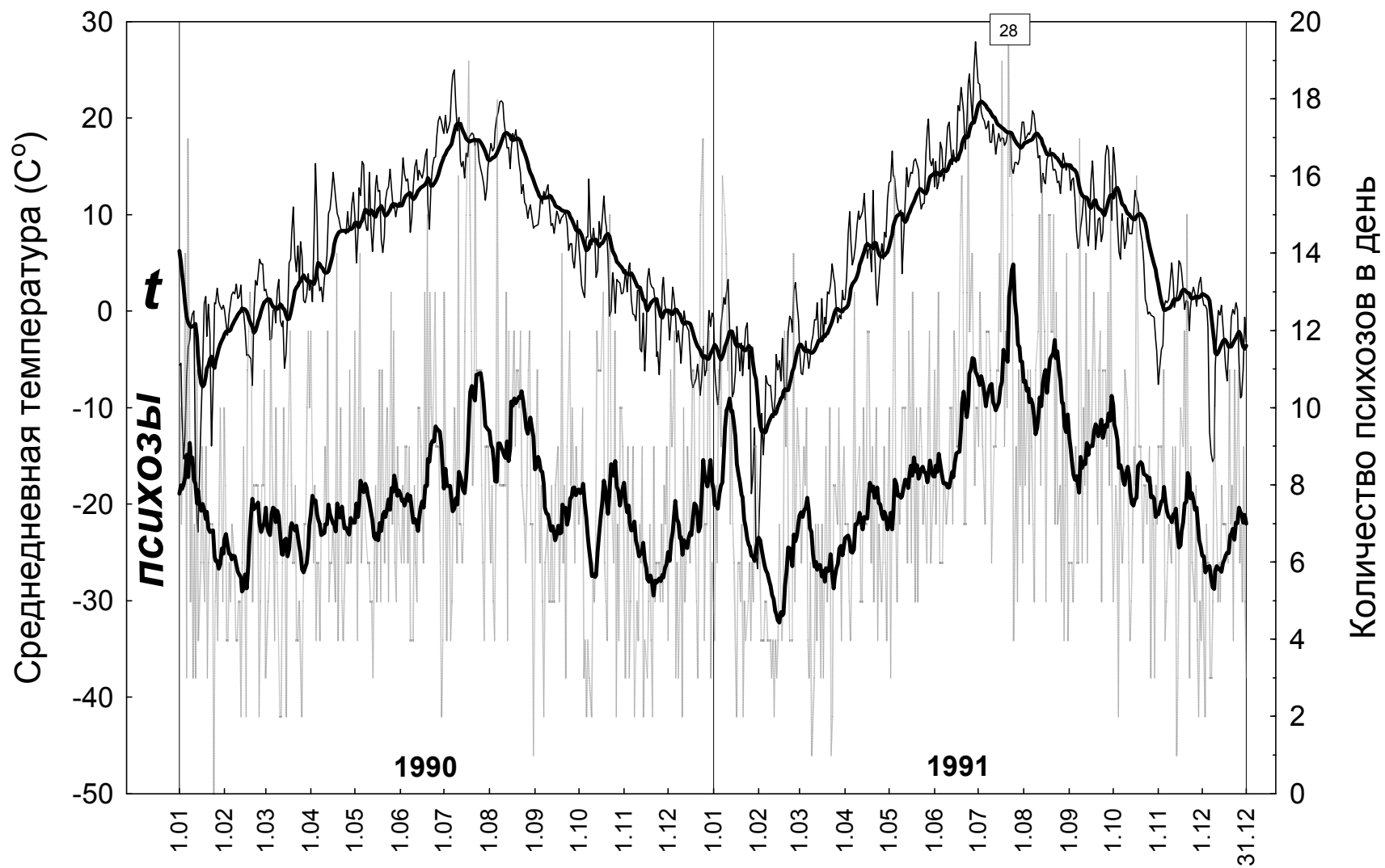


Рис. 3. Немцов – Нечаев

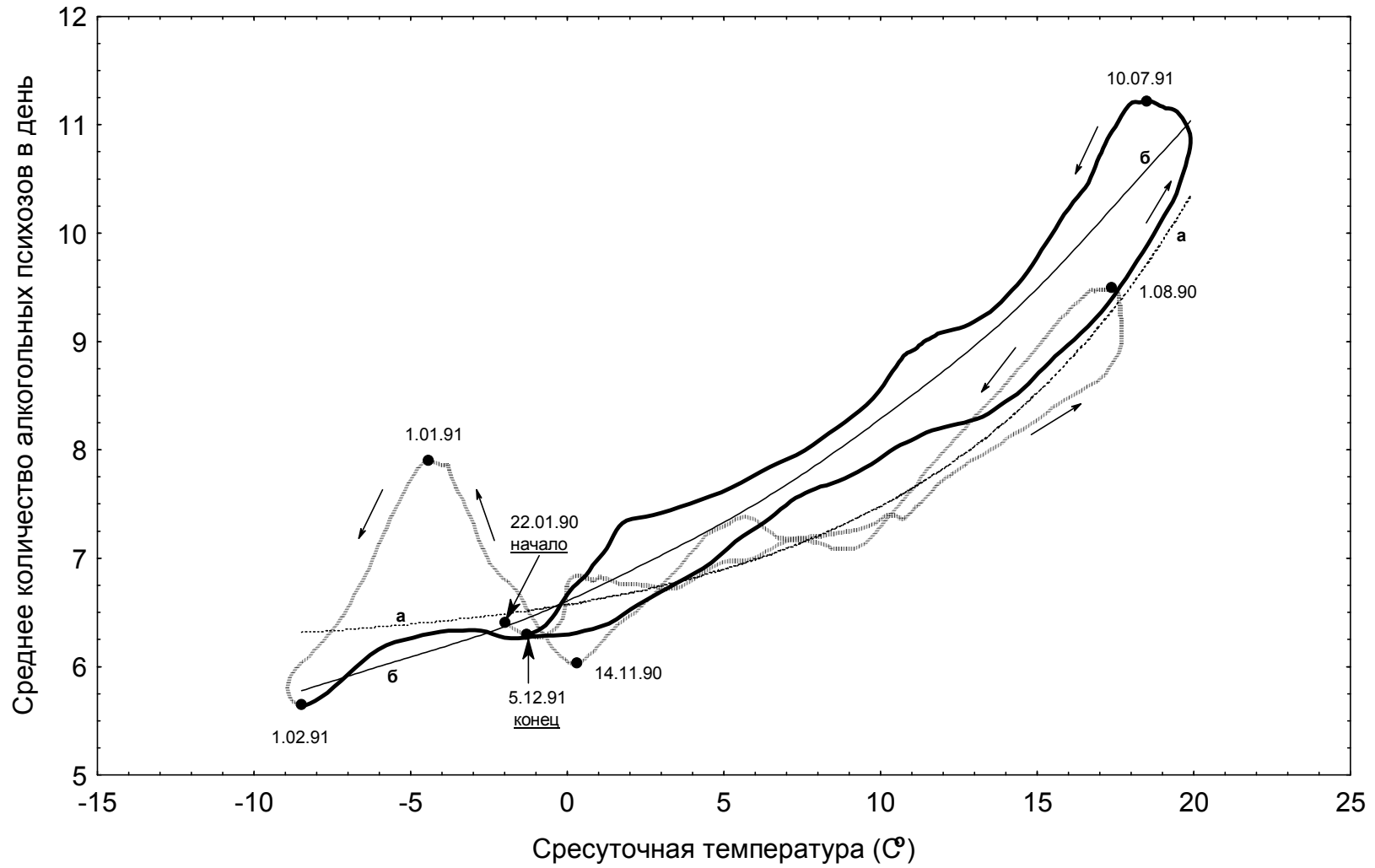


Рис. 4. Немцов – Нечаев

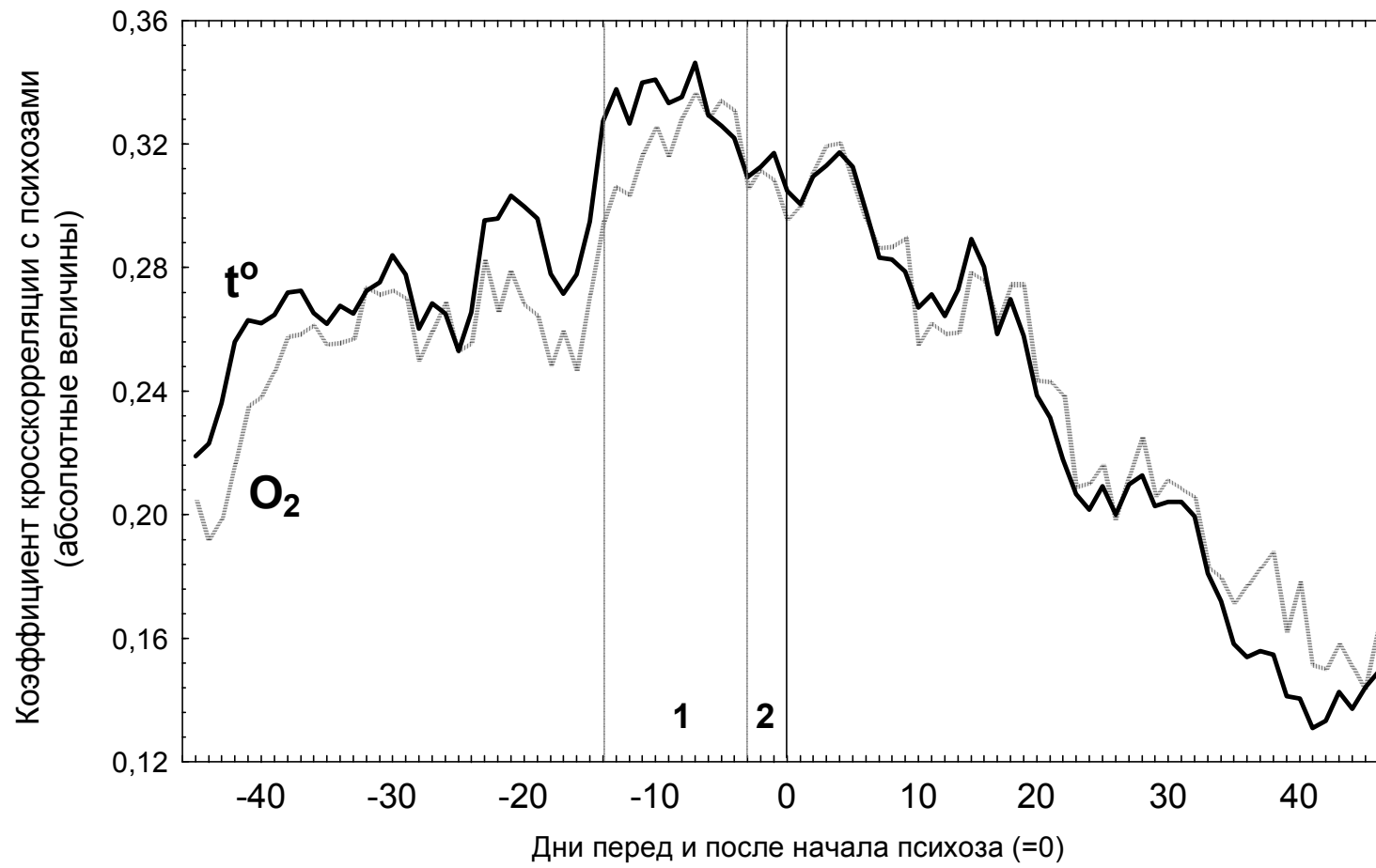


Рис. 5. Немцов – Нечаев

Литература

1. Гордейчук С.А. Алкогольные психозы у подростков и юношей: сезонность возникновения и приуроченность госпитализации ко времени суток. В: Неотложная наркология. Харьков. 1987, 70-74
2. Гуревич М.О. и Серейский М.Я. Учебник психиатрии. М.-Л.: Государственное издательство биологической и медицинской литературы, 1937, с. 462
3. Мурталибов Ш.Ф., Шакир-Алиев З.З., Хусанходжаев Х.Н., Беспмятнон В.Е., Юлдашев К.Ю. К вопросу о сезонности возникновения алкогольных психозов. В: Актуальные вопросы психиатрии. Душанбе. 1983, 79-80
4. Насташинская Л.М. Сезонные ритмы летальности больных острыми алкогольными психозами. В: Эпидемиологические исследования в неврологии и психиатрии. М. 1982, 2, 187-188
5. Немцов А.В. - Алкогольная ситуация в России. - М.; Ассоциация общественного здоровья, 1995
6. Немцов А.В., Лошаков Е.С. Краткая хронология алкогольных психозов. //Социальная и клиническая психиатрия, 1997, №7, с.52-61
7. Немцов А.В., Нечаев А.К. Факторы заболеваемости алкогольными психозами. //Социальная и клиническая психиатрия, 1996, № 6, с.68-77
8. Немцов А.В., Нечаев А.К., Панченко Л.А. Алкогольные психозы и потребление алкоголя. //Журнал неврологии и психиатрии, 1989 № 89; с.93-97
9. Сонник Г.Т., Распопов А.А. Роль сезонности в частоте развития алкогольных психозов. В: Актуальные вопросы клиники, диагностики и лечения психических заболеваний. Полтава. 1988, 54-56
10. Eastwood M.R., Stiasny S. Psychiatric disorder, hospital admission and season. Archive of General Psychiatry. 1978. 36, 769-771
11. el-Guebaly Nady. Chronobiological susceptibility to alcoholism: a hypothesis. American Journal of Drug and Alcohol Abuse.1987. 13, 449-459
12. Ferguson J.A., Suelzer C.J., Eckert G.J., Zhou X.-H., Duttus R.S. Risk factors for delirium tremens development. Journal of General Internal Medicine 1996, 11, 410-414
13. Jaroszewski Z., Dzibuszko T., Muszynska-Kutner Anna. Spożycie alkoholu a zapadalność na psychozy alkoholowe w Polsce w latach 1956-1986. Psychiatria Polska. 1989, 23, 97-103
14. Nemtsov A.V. Alcohol-related harm and alcohol consumption in Moscow before, during and after a major anti-alcohol campaign. Addiction. 1998, 93, 1501-1410
15. Nielsen J. Delirium tremens in Copenhagen. Acta of Psychiatry in Scandinavia, 1965. Supplement 187, 92
16. Poikolanen K. Seasonality of alcohol-related hospital admission has implication for prevention./ Drug Alcohol Depend.1982. 10. 65-69
17. Wald I., Jaroszewski Z. Alcohol consumption and alcoholic psychoses in Poland. Journal of Study in Alcohol, 1983, 44, 1040-1048

Авалиани С.Л.

ГОУ ДПО Российская медицинская академия последипломного образования (РМАПО)
Росздрава

Оценка риска для здоровья населения от выбросов стационарных источников и автотранспорта на различных территориях г. Москвы

Оценка риска является одним из элементов методологии анализа риска здоровью, включающей в себя оценку риска, управление риском и информирование о риске. В научном отношении оценка риска – это последовательное, системное рассмотрение всех аспектов воздействия анализируемого фактора на здоровье человека, включая обоснование допустимых уровней воздействия. В научно-практическом приложении основная задача оценки риска состоит в получении и обобщении информации о возможном влиянии факторов среды обитания человека на состояние его здоровья, необходимой и достаточной для обоснования наиболее оптимальных управленческих решений по устранению или снижению уровней риска, оптимизации контроля (регулирования и мониторинга) уровней экспозиций и рисков.

Успешное применение методологии оценки риска для разработки стратегии различных регулирующих мер по улучшению качества среды обитания человека в интересах охраны его здоровья позволило получить важные количественные характеристики потенциального и реального медико-социального ущерба здоровью населения от загрязнения окружающей среды во многих регионах России. На основании этих исследований появилась возможность идентифицировать в конкретных условиях ведущие факторы риска и наиболее подверженные неблагоприятному воздействию группы населения, а также ранжировать территории по степени риска для здоровья населения, причем не только в настоящее время, но и в перспективе с учетом различных вариантов развития промышленности, энергетики, транспорта и в целом хозяйственной деятельности в будущем. Это позволило использовать полученные данные при принятии решений по функциональному зонированию территорий, а также для обоснования предложений по оптимизации системы мониторинга в городах страны.

В последние годы преимущества использования методологии оценки риска были проиллюстрированы на практике при обосновании безопасности для здоровья населения, проживающего на территориях, находящихся в зоне влияния выбросов крупных промышленных комплексов, и разработке на этой основе эффективных регулирующих мер, включающих возможность организации и обоснования необходимого размера единой санитарно-защитной зоны (СЗЗ) для комплекса предприятий промзоны.

Весьма важным аспектом практического применения методологии оценки риска в России явилось доказательство того, что снижение выбросов парниковых газов в энергетическом секторе приводит к ключевым дополнительным выгодам, которые заключаются в снижении загрязнения окружающей среды, в первую очередь атмосферного воздуха, многими опасными для здоровья населения компонентами. Прежде всего речь идет о сокращении выбросов таких наиболее распространенных загрязнителей воздушной среды, как: взвешенные частицы, диоксид серы, оксиды азота, оксид углерода, ПАУ, в частности, бенз(а)пирен, ряд тяжелых металлов и др.

В рамках таких отдельных исследований, проведенных за последние 5 лет кафедрой коммунальной гигиены РМАПО совместно с ТУ Роспотребнадзора по г. Москве, НИИПИ Генплана г. Москвы, ООО «ЭкоЛэк», фондом «Защита природы», были получены количественные характеристики риска для здоровья населения от загрязнения атмосферного воздуха, обусловленного выбросами стационарных источников и автотранспорта, в различных районах г. Москвы. Наряду с этим, изучалось комплексное воздействие загрязнения атмосферного воздуха и питьевой воды на территории Северного административного округа (САО) столицы.

В результате проведенных исследований были установлены не только базовые характеристики риска в настоящее время, но и осуществлялся прогноз возможных последствий для здоровья населения на основе сопоставления количественных уровней риска при различных сценариях развития промышленного производства и автотранспорта, а также с учетом принимаемых градостроительных и планировочных решений. Прогнозные характеристики риска анализировались в зависимости от изменения топливно - энергетического баланса, применения энергосберегающих технологий, ожидаемого экономического роста, проведения оздоровительных мероприятий, последствий введения в эксплуатацию крупных транспортных внутригородских

магистралей, в частности, третьего транспортного кольца (ТТК) и Краснопресненского проспекта.

Так, на территории Северного административного округа изучалось воздействие выбросов основных стационарных источников, ТЭЦ-21, автотранспорта и загрязнений питьевой воды. Оценка риска для здоровья населения, проживающего на территориях Юго-Восточного административного округа (ЮВАО), была проведена с учетом выбросов основных стационарных источников, Московского нефтеперерабатывающего завода (МНПЗ), ТЭЦ-22 и автотранспорта. Риск для здоровья населения, обусловленный загрязнением атмосферного воздуха отработавшими газами автотранспорта, был оценен на территориях 74 муниципальных районов г. Москвы.

При изучении воздействия химических загрязнителей атмосферного воздуха на состояние здоровья населения, проживающего в зоне влияния выбросов стационарных источников, был установлен риск для здоровья от содержания в воздухе взвешенных частиц (фракций PM10, PM2.5), диоксида серы, диоксида азота, металлов, ПАУ, летучих органических соединений (ЛОС), угольной и мазутной золы, сажи при разных сценариях функционирования этих предприятий.

Поскольку спектр неблагоприятных эффектов, вызываемых воздействием этих химических веществ, весьма значителен, то при оценке риска ограничивались исследованием нескольких показателей: дополнительная смертность, дополнительная респираторная заболеваемость, канцерогенный риск (индивидуальный и популяционный).

Для определения экспозиции, наряду с имеющимися данными мониторинга, широко использовались методы математического моделирования рассеивания загрязнителей для конкретных метеоусловий, позволяющие идентифицировать путь воздействия от источников выбросов до мест проживания населения и предоставляющие результаты в пространственном и временном разрезе путем определения среднегодовых, среднесуточных и максимальных концентраций.

Это связано с тем, что данные натурных измерений, полученные в процессе мониторинга загрязнения атмосферного воздуха, вследствие ограниченного числа постов наблюдений, не дают целостного пространственного представления о вкладе различных источников выбросов в загрязнение воздушной среды, а недостаточное число контролируемых на

постах загрязнителей не всегда позволяет оценить полноту риска для здоровья населения всех приоритетных компонентов выбросов.

Поэтому моделирование позволяло минимизировать недостатки мониторинга в отношении пространственного представления загрязнения и оценить полноту риска за счет определения экспозиции большого числа приоритетных в отношении влияния на здоровье веществ. Кроме того, использование моделей рассеивания примесей в атмосферном воздухе дало возможность определить долю вклада в суммарное загрязнение от отдельных источников, включая влияние источников выбросов за пределами изучаемой территории, а также автотранспорта, что имеет первостепенное значение при обосновании регулирующих действий по снижению риска.

В проведенных работах для оценки распространения выбросов от стационарных источников была использована модель рассеивания ISC-3-ST, применявшаяся в ряде предыдущих исследований на территории России. Стандартом де-факто в этом подходе составляет разработанная в EPA (США) методика расчета и реализующая ее компьютерная программа ISC – Industrial Source Complex, как составная часть комплекса обработки данных об окружающей среде (расчеты проведены ведущим научным сотрудником Института космических исследований РАН Б.М.Балтером).

Применение этой модели позволяло выделить территории максимального загрязнения, рассчитать риск для здоровья населения, проживающего в зоне влияния выбросов различных предприятий, оценить вклады отдельных источников в суммарное загрязнение. В расчет включались источники эмиссий промышленных предприятий, по которым имелись данные о выбросах, и которые были отобраны в процессе идентификации опасности на первом этапе исследования как имеющие значение для последующей оценки экспозиции и рисков.

Все отдельные расчеты проводились на сетке размером 20 x 20 клеток, покрывающей всю исследуемую территорию. Размер шага клетки составлял в конкретных случаях от 300 до 500 м. Расчетные значения относились к середине каждой клетки. В дальнейшем территория, покрытая расчетной сеткой, разбивалась на зоны, учитывающие районное деление и близость к источникам выбросов. Для более агрегированной характеристики ситуации проводился расчет средних для этих зон концентраций, исходя из попадающих в данную зону клеток. При необходимости это позволяло устанавливать

средние, а в отдельных случаях средневзвешенные концентрации загрязняющих веществ в муниципальных районах округов столицы.

Оценка риска для здоровья населения от загрязнения воздуха выбросами автотранспорта проводилась на территории г. Москвы площадью более 400 кв. км, где проживает около 3,5 млн. человек (исследования проведены совместно со специалистами Научно-исследовательского института автомобильного транспорта (НИИАТ) – В.А. Петрухиным и др. и в соответствии с данными, предоставленными НИИПИ Генплана г. Москвы – И.Н. Ильина и др.).

Первоначально была подготовлена электронная карта улично-дорожной сети на изучаемой территории и выбраны наиболее загруженные автотранспортом магистрали с интенсивностью движения ≥ 2000 авт./ч. При оценках выбросов вредных веществ учитывались интенсивность и состав транспортных потоков, скоростной режим и задержки транспорта.

Для разработки предварительного сценария и маршрута воздействия, а также определения населения в точках-рецепторах вся исследуемая территория города (более 400 кв. км) покрывалась регулярной прямоугольной сеткой с шагом, равным 500 м, и в рецепторных (узловых) точках рассчитывались среднегодовые концентрации.

Как известно, с отработавшими газами автотранспорта в атмосферный воздух поступает до 200 различных компонентов. До последнего времени неблагоприятное влияние загрязнения воздуха за счет выбросов автотранспорта связывалось, в основном, с воздействием диоксида азота, оксида углерода, углеводородов, бенз(а)пирен (Б(а)П). Полученные за последние годы данные существенно изменили отношение к этим веществам, как ведущим по влиянию на здоровье человека. Это связано, в первую очередь, с тем, что в составе выбросов отработавших газов обнаружены другие канцерогенные вещества, кроме Б(а)П, которые обуславливают более высокий вклад в уровень канцерогенного риска. Поэтому при выборе веществ с целью последующей количественной оценки риска была предпринята попытка максимально полного учета химических веществ, обладающих канцерогенным действием.

Кроме того, для большой группы веществ определялся риск не канцерогенных эффектов путем расчета индексов опасности. Таким образом, для оценки риска здоровью на первом этапе было отобрано 23 компонента

отработавших газов автотранспорта, из которых 19 в дальнейшем были включены в окончательный список для оценки риска (таблица 1).

При расчетах выбросов вредных веществ рассматривались 5 групп автотранспортных средств, участвующих в движении: легковые автомобили с выделением доли иномарок; грузовые дизельные; грузовые бензиновые с учетом доли малотоннажных автомобилей; автобусы бензиновые и дизельные.

Таблица 1. Список приоритетных химических веществ, включенных в анализ экспозиции и рисков с величинами единичного канцерогенного риска и безопасных уровней воздействия

№№ п/п	Вещество	UR*	Классификация** канцерогенности МАИР/ЕРА	RfC*** мкг/м ³	ПДК _{сс} **** мкг/м ³
1	Акролеин	-		0,02	10
2	Ацетальдегид	$2,2 \cdot 10^{-6}$	2B/B2	9	-
3	Бензол	$7,8 \cdot 10^{-6}$	1/A	30	100
4	Бенз(а)пирен	$1,1 \cdot 10^{-3}$	2A/B2	-	$1 \cdot 10^{-3}$
5	1,3-бутадиен	$3,0 \cdot 10^{-5}$	2A	2	1000
6	Диоксид азота	-		40	40
7	Диоксид серы	-		50	50
8	Кадмий	$1,8 \cdot 10^{-3}$	1/B1	0,02	0,3
9	Медь	-		0,02	2
10	Никель	$2,4 \cdot 10^{-4}$	2B/A	0,05	1
11	Сажа	$4,4 \cdot 10^{-6}$	2A/B2	50	50
12	Свинец	$1,2 \cdot 10^{-5}$	2B/B2	0,5	0,3
13	Селен	-		0,08	0,05
14	Стирол	$5,7 \cdot 10^{-7}$		1000	2
15	Толуол	-		400	600
16	Формальдегид	$1,3 \cdot 10^{-5}$	2A/B1	3,0	3
17	Цинк	-		0,9	8
18	Ксилол	-		100	-
19	Оксид углерода	-		10000	3000

Примечание: * UR - единичный фактор канцерогенного риска, отражающий значение риска для одной единицы концентрации вещества в атмосферном воздухе, в данном случае - 1 мкг/м³;

** Классификация канцерогенности, принятая: МАИР - Международное агентство по изучению рака; ЕРА - Агентство по охране окружающей Среды США;

*** RfC - референтная концентрация - безопасный уровень воздействия, принятый при оценке риска;

**** ПДК_{сс} - отечественная ПДК (среднесуточная) вещества в атмосферном воздухе населенных мест

Учитывались скоростные характеристики транспортных потоков (3 диапазона скорости движения: < 45 км/ч, 45-60 км/ч, > 60 км/ч) и задержки транспорта на светофорных объектах.

При расчете экспозиции учитывалось, что в России отсутствует единая утвержденная методика расчета рассеивания в атмосфере выбросов от транспортных потоков на городских магистралях с целью прогнозирования среднесуточных и среднегодовых концентраций.

В связи с этим, в настоящей работе для расчетов среднегодовых концентраций загрязняющих веществ специалистами НИИАТа использовалась программа CAL3QHC. В основе программы лежит известная модель рассеивания выбросов от автотранспортных потоков CALINE-3, рекомендованная Организацией экономического сотрудничества и развития (OECD) стран-членов ЕЭК.

Как указывалось выше, для оценок влияния транспортных потоков на загрязнение атмосферы на исследуемой территории были выбраны лишь основные магистрали с интенсивностью движения более 2000 авт/ч.

Интенсивность, состав и скоростной режим транспортных потоков принимался по данным НИиПИ Генплана г. Москвы с дополнениями по результатам экспериментальной съемки, выполненной в 1999 году с участием ЦИТИ и других организаций. Для 863 линейных участков выбранных магистралей был подготовлен файл с характеристиками движения транспорта на каждом участке. В таблице 2 представлен пример с фрагментом такого файла.

Расчеты среднегодовых концентраций всех включенных в исследование 19 веществ, выбрасываемых автотранспортом, выполнялись с помощью модели CALINE-3 для 7000 рецепторных точек. Исходя из этого, можно было бы рассчитать риски для здоровья населения в каждой из этих точек. Учитывая значительную величину территории, на которой проводилось исследование, такая степень детализации была бы затруднительна для сравнительного анализа рисков, хотя все полученные результаты по расчетам среднегодовых концентраций хранятся в виде компьютерных файлов для расчетов рисков здоровью населения.

Таблица 2. Интенсивность и состав движения транспортных потоков на основных магистралях (фрагмент файла)

Наименование улиц, магистралей	Интенсивность движения, авт./ч					
	Всего	Легковые	Грузовые бензиновые	Грузовые дизельные	Автобусы бензиновые	Автобусы дизельные
Беговая ул.	6370	5287	800	253	20	10
Ленинградский пр-т	10901	9751	813	257	53	27
Валовая ул.	6500	5700	509	161	86	44
Пр-т Мира	6280	5470	578	182	33	17
Шоссе Энтузиастов	5670	4459	818	258	89	46
Автозаводская ул.	4460	3275	794	251	92	48
Кутузовский пр-т	17230	14224	1813	573	409	211
Покровский бул.	3228	2927	223	70	5	3
Нижегородская ул.	3080	2500	395	125	40	20
Ленинский пр-т	5579	4866	466	147	66	34

Поэтому полученные в 7000 рецепторных точках концентрации с помощью интерполятора представлялись в виде изолиний среднегодовых полей концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе на исследуемой территории и оценка риска проводилась по муниципальным районам. В каждом из них выделялись поля концентраций и численность населения под их воздействием, для которых рассчитывались канцерогенный и не канцерогенный риски в нескольких градациях. Это позволяло определить средневзвешенный риск для каждого муниципального района.

Расчет суммарных канцерогенных рисков от 10 химических веществ, исследованных в работе, показал, что ведущее место среди канцерогенов занимает бензол (36,8% вклада в суммарный риск). Далее следуют 1,3-бутадиен (26%), формальдегид (25,4%), ацетальдегид (7,8%), сажа (3,4%). Таким образом, вклад этих 5-х веществ в суммарный канцерогенный риск для здоровья населения г. Москвы в результате загрязнения воздуха отработавшими газами автотранспорта составляет 99,4%. Вклад остальных 5-ти канцерогенов (свинец, стирол, бенз(а)пирен, кадмий, никель) в суммарный канцерогенный риск не превышал 0,6% (рис. 1).

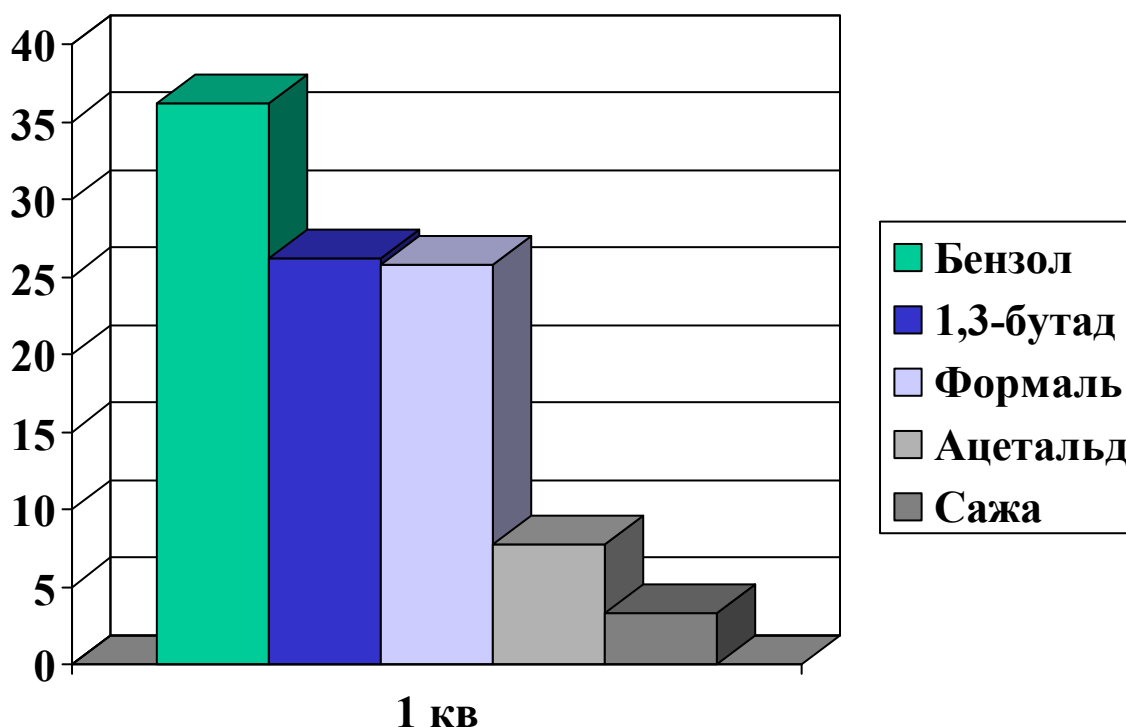


Рис.1. Вклад отдельных веществ, содержащихся в выбросах автотранспорта, в суммарный канцерогенный риск

Результаты исследований по оценке риска числа случаев дополнительной смертности от воздействия PM_{10} и $PM_{2,5}$ свидетельствуют:

- Уровень индивидуального риска дополнительной смертности от воздействия PM_{10} в год на территориях САО и ЮВАО колеблется в пределах от $3,6$ до $4,8 \times 10^{-4}$;
- Уровень аналогичного риска от воздействия $PM_{2,5}$ составляет на некоторых территориях ЮВАО $1,38 \times 10^{-3}$, что можно отнести к высокому уровню риска, требующего принятия срочных мер по его снижению.

Близкие к полученным значениям индивидуального риска смертности от воздействия PM_{10} уровни были получены по результатам натурных измерений Мосэкомониторинга. Так, согласно этим данным, в зависимости от различных территорий города среднегодовая концентрация PM_{10} колеблется в диапазоне от $0,027 \text{ мг/м}^3$ до $0,041 \text{ мг/м}^3$. В этом случае уровни индивидуального риска смертности в год от воздействия PM_{10} варьируют в пределах от $1,6$ до $2,5 \times 10^{-4}$.

При исследовании уровней индивидуального канцерогенного риска в течение всей жизни (за 70 лет) было установлено, что на некоторых территориях Северного административного округа он может достигать

величины $8,3 \times 10^{-4}$. Особенно высокий уровень индивидуального канцерогенного риска выявлен в районе Беговая, где он составляет $2,3 \times 10^{-3}$. Следует подчеркнуть, что этот высокий уровень риска практически полностью обусловлен воздействием канцерогенных веществ, содержащихся в выбросах автотранспорта.

В целом уровни индивидуального канцерогенного риска на всей исследованной территории г. Москвы находятся, в основном, в пределах от $3,0$ до $6,5 \times 10^{-4}$, что характерно для большинства мегаполисов развитых стран. Однако, на отдельных территориях они могут превышать предел абсолютно не приемлемого риска для здоровья населения, который равен 10^{-3} .

Проведенные оценки показали, что с учетом исследованной территории, где проживает более 3,5 млн. человек, свыше 200 тыс. жителей Москвы проживают в зоне высокого уровня канцерогенного риска, превышающего значение 10^{-3} . Еще приблизительно 340 тыс. человек проживают на территориях с уровнями индивидуального канцерогенного риска, приближающимися к этой опасной границе – от $6,0$ до $9,9 \times 10^{-4}$. Основной вклад в загрязнение атмосферного воздуха опасными канцерогенами вносят компоненты выбросов автотранспорта, в числе которых наибольшее значение имеют: бензол, 1,3-бутадиен, сажа, формальдегид, ПАУ.

Среди наиболее опасных веществ не канцерогенного действия, содержащихся в отработавших газах автотранспорта, наибольший вклад в развитие неблагоприятных эффектов, в первую очередь, путем воздействия на органы дыхания, вносят акролеин и диоксид азота.

Сегодня вклад выбросов от сжигания топлива на ТЭЦ в Москве в общий риск здоровью составляет приблизительно 10-15%. Однако при отсутствии эффективной стратегии регулирования выбросов и изменении топливно-энергетического баланса, а также экономическом росте с увеличением потребляемой энергии эта величина может значительно возрасти и достичь 30% и более.

Результаты проведенных работ позволили прийти к важному выводу, что строительство крупных автомагистралей, в таком мегаполисе как Москва, способствующих лучшей организации транспортного движения, одновременно приводит к дополнительным сопряженным выгодам, которые заключаются в существенном снижении риска для здоровья от загрязнения атмосферного воздуха выбросами автотранспорта в целом на больших территориях города,

хотя для некоторой части населения, проживающего на отдельных участках вблизи новых магистралей, риск может возрастать.

Таким образом, организация дорожного движения и строительство новых автомагистралей, как и планировочные мероприятия в городах в целом, остаются существенным элементом, позволяющим не только улучшить качество сообщения, но и, что особенно важно, уменьшить риск для здоровья населения. Однако возможности градостроительных и планировочных мероприятий, способствующих только перераспределению транспортных потоков, являются недостаточными для обеспечения требуемого снижения риска для здоровья населения от выбросов автотранспорта.

В целом канцерогенный риск на различных территориях г. Москвы, в основном, обусловлен выбросами веществ, содержащимися в отработавших газах автотранспорта, и в ближайшее время он, по-видимому, будет возрастать, в связи с продолжающимся увеличением числа автомобилей в городе. Это требует скорейшего введения более жестких экологических стандартов как выбросов транспортных единиц, так и качества используемого топлива.

Популяционный риск смертности, связанной с загрязнением атмосферного воздуха взвешенными частицами (только от хронического воздействия фракции PM_{10}), может достигать 2500 - 3000 дополнительных случаев в год на 10 млн. населения г. Москвы. Изменение топливно-энергетического баланса в энергетическом секторе, например, при прогнозируемой замене газа на уголь, может привести к ухудшению ситуации, особенно, если сохранится способ сегодняшнего использования угля в теплоэнергетике без внедрения новых технологий по его сжиганию.

Хорсева Н.И.

Институт биохимической физики им. Н.М.Эмануэля. Москва, РАН

sheridan@himki.net

Психофизиологические показатели как критерий оценки экологической безопасности места проживания

Насущная проблема человека - его здоровье. Все сферы жизни общества, все социальные институты в той или иной мере должны быть связаны с поддержанием и укреплением здоровья человека. Однако, в России медики давно констатируют факт снижения показателей здоровья детского населения. В частности, по данным Всероссийской диспансеризации детей 2002 года, в состоянии здоровья детей сформировались устойчивые негативные тенденции – рост распространенности факторов риска формирования нарушения здоровья и развития, увеличение заболеваемости и инвалидности и только 10 – 15% выпускников школ являются «практически здоровыми».

Известно, что для изучения здоровья человека и влияния на него различных факторов внешней среды используются, как правило, медицинские показатели. Материалы данного исследования позволяют рассматривать психофизиологические показатели, наряду с медицинскими параметрами, в качестве критериев оценки экологической безопасности места проживания, т.е. для изучения здоровья человека.

Таким образом, цель настоящего исследования – показать, что наряду с общеизвестными медицинскими показателями, психофизиологические параметры могут также служить маркерами экологического состояния места проживания.

На первом этапе были проанализированы данные комплексной диагностики психофизиологических показателей, нейропсихологического статуса и анамнестических данных более 3,5 тыс. детей, проживающих в разных районах Москвы, городах Химки и Сходня Московской области. Следует отметить, что для дальнейшего анализа были отобраны результаты комплексной диагностики только тех детей, родители которых и они сами проживали в данном районе в течение всей своей жизни.

На втором этапе - исследовали изменения психофизиологических показателей детей разных возрастных групп (7 – 14 лет), проживающих и обучающихся в учебных учреждениях по месту жительства в двух районах г. Химки (Новые и Старые Химки), в разной удаленности от градообразующего комплекса промышленных предприятий.

На заключительном этапе было проведено сравнение результатов комплексной диагностики в зависимости от года рождения детей.

Материалы и методы

Исследования психофизиологических показателей проводились с использованием специализированного аппаратного комплекса «Автоматизированное рабочее место психофизиолога» (АРМ) и предназначенного для широкого круга исследований в области оценки психофизиологического состояния человека и донозологической диагностики. АРМ обладает высокими техническими характеристиками и реализует унифицированную методику изучения физиологических аспектов, утвержденную МЗ СССР 11.02.85. Аппаратура работает в комплексе с компьютером, что значительно расширяет ее возможности с точки зрения достоверности регистрируемой информации, а также аналитической программной обработки полученных результатов.

Компьютерная диагностика психофизиологических показателей детей и подростков проводилась *только с письменного согласия* их родителей или официальных опекунов. Письменным согласием является заполнение индивидуальных анамнестических карт.

Основными методическими подходами к регистрации психофизиологических параметров были:

а) Отбор наиболее информативных методик, не требующих от испытуемого специальных навыков работы с компьютером, но охватывающих наибольшее число показателей, выполнимых для детей разных возрастных групп (с 4,5 лет).

Основными критериями отбора были:

информативность исследуемых показателей: от психофизиологических показателей (сила – слабость нервной системы, ее лабильность; показатели работоспособности, утомляемости и пр.) до показателей уровня когнитивных процессов (внимание, память);

простота выполнения теста для всех возрастных групп (например, нажатие соответствующей клавиши на пульте прибора в ответ на световой или звуковой стимул и пр.);

время выполнения как одного задания (не более 2 – 3 мин), так и общее время тестирования (20 – 35 мин);

количество предъявляемых стимулов (исследования простой слухо - моторной и зрительно – моторной реакций проводились при предъявлении 20 стимулов);

возможность сравнения полученных результатов тестов для разных возрастных групп.

Согласно вышеперечисленным критериям, в дальнейшем были использованы:

Основные показатели	Исследуемые параметры
Работа анализаторов	скорость зрительного восприятия (латентный период простой зрительно – моторной реакции), острота зрения при ближнем зрении, скорость зрительного различения
	скорость звукового восприятия (латентный период простой слухо – моторной реакции), уровень нарушений фонематического восприятия.
Характеристики нервной системы	Сила-слабость нервной системы [Немов, 2003] работоспособность, степень выраженности динамической синкинезии.
	Лабильность нервной [Немов, 2003] системы
	Степень напряжения (утомления) и выраженности статической синкинезии
Произвольное внимание	Устойчивость произвольного внимания, точность и продуктивность выполнения работы
Смысловая память	Точность и время выполнения задания

б) Отработка процедуры диагностики: последовательность предъявления заданий, время диагностики (утро, день, вечер), нормирование процедуры тестирования (сколько времени уходит на диагностику одного человека) и т.п.

в) Создание баз данных психофизических показателей детей и подростков (с помощью пакета программ Excel); нормировка психофизических показателей для каждой возрастной группы.

г) Предъявление заданий для исследования латеральных предпочтений (рука-ухо-глаз) и функционального состояния межполушарных взаимодействий

на уровне мозолистого тела головного мозга. Для изучения латеральных предпочтений (моторной и сенсорной асимметрии) были использованы компьютерные тесты: латентные периоды простой зрительно-моторной и слухо-моторной реакций, которые сначала предъявлялись при бинокулярном зрении и стерео-эффекте соответственно. Затем ребенка просили закрыть карточкой сначала один глаз, потом другой и, соответственно «послушать» сначала одним ухом, затем – другим. Теппинг тест (определение свойств нервной системы по психомоторным показателям [Лучшие психологические тесты, 1992; Хомская, 1997] и тест тремометрии (способность к тонкой сенсомоторной координации движений) просили выполнить сначала одной рукой, затем – другой. Фиксировали показания прибора после каждого предъявления. В ходе дополнительной нейропсихологической диагностики предъявляли мануальные пробы согласно [Безруких, Князева, 1994; Семенович, 2002; Сиротюк, 2003] с целью окончательного установления ведущих руки, уха, глаза.

Далее проводилось занесение результатов в индивидуальный протокол, оформление индивидуальной психофизиологической карты ребенка с рекомендациями для родителей.

С целью проверки валидности (соответствия конкретного исследования принятым стандартам) выбранных психофизиологических методик проведено сопоставление результатов компьютерной диагностики с результатами обследования детей и подростков: специалистами Центра МНТК микрохирургии глаза им. В. Федорова г. Москвы (острота зрения при ближнем видении, скорость зрительного различения, на основании которых могли быть даны рекомендации по обращению к офтальмологу); психологами муниципального центра психолого-педагогической диагностики «Успех» г. Химки (показатели когнитивных процессов – внимания, памяти); логопедами образовательных учреждений г. Москвы, г. Химки и г. Сходни (возможная степень нарушения фонематического восприятия по результатам динамики простой слухо-моторной реакции); дефектологами центра психолого-педагогической диагностики «Успех» г. Химки (степень нарушения когнитивных процессов); специалистами психолого-медико-социального центра помощи детям и подросткам Северо-Западного округа г. Москвы (уровень нейропсихологических нарушений – подтверждение результатов компьютерной диагностики при

направлении ребенка в центр на проведение коррекционно – развивающих занятий).

В процессе проведения исследования (с 1995 года по настоящее время) и на основании накопленных результатов были сформированы базы данных: психофизиологических показателей детей, подростков и их родителей; психофизиологических показателей с учетом латеральных предпочтений рука-ухо-глаз (включая показатели нейропсихо-логического обследования и анамнестических данных); «Экологический мониторинг» - психофизические показатели детей различных возрастной групп, проживающей и обучающейся в Химкинском районе и г. Москве; анамнестических данных; «пренатальная смертность, угроза выкидышей, особенности течения беременности»; и пр.

Достоверность различий изучаемых показателей оценивался с помощью непараметрического критерия Вилкоксона для независимых выборок и хи-квадрат [Мюллер и соавт., 1982; Петри, Сэбин, 2003; Стентон, 1999].

Для проведения сравнительного анализа была сформирована отдельная база данных «Экологический мониторинг», где было произведено выделение групп не только по возрасту, но и по району проживания (7 районов – 10 групп). Химкинский район Московской области: г. Химки (Старые Химки, Новые Химки, левобережный район г. Химки), г. Сходня; г. Троицк Московской области. По городу Москве: Братеево, Нагатинно-Садовники, Гольяново, Левобережный район, Зеленоград. Сравнительный анализ проводился только для тех групп, где число детей было более 10 человек в каждой возрастной категории, поэтому в дальнейшем были исключены данные по гг. Троицк, Зеленоград, а также Гольяново, Левобережные районы Москвы и г. Химки. В конечную матрицу вошли данные детей и подростков в возрасте 7 – 14 лет, проживающих в Старых Химках (n=682), Новых Химках (n=600), г. Сходне (n= 376), Братеево (63), Нагатинно – Садовники (54).

Для анализа психофизиологических показателей были использованы следующие параметры: работоспособность (Rab); утомляемость (U1и U2); латентные периоды простой слухо- и зрительно-моторных реакций (PSM и PZM); когнитивные процессы: внимание, память, в частности, устойчивость произвольного внимания (V): PrV - продуктивность ; TV - точность ; показатели смысловой памяти (Pam):TPam –точность выполнения ; VPam – время выполнения. Индивидуальный нейропсихологический статус ребенка определялся одновременно с проведением психофизиологических

исследований и в ходе дополнительной диагностики. Изучены анамнестические данные.

На основании результатов проведенных комплексных исследований была разработана программа мониторинга психофизического здоровья детей и подростков, которая была внедрена в ряд образовательных учреждений Москвы и Московской области.

Основные результаты

Изменение психофизиологических показателей, нейропсихологического статуса и уровня развития речевого процесса детей, проживающих в районах с различным уровнем загрязнения

Психофизиологические показатели. Достоверно высокими оказались различия по показателям работоспособности и когнитивным процессам детей, проживающих в Новых Химках по сравнению с другими изученными районами. И в целом их психофизиологический статус был выше: более низкая утомляемость, высокая работоспособность, выше скорости реакция на световые и аудио-стимулы и показатели когнитивных процессов (продуктивность, точность и время выполнения заданий). Далее, по мере снижения психофизиологических показателей детей, районы располагаются в следующем порядке: Старые Химки, Сходня, Нагатино и Братеево.

Возрастная группа 7 лет. У детей района Новые Химки, достоверно выше показатели: Rab (по сравнению со всеми другими районами), PZM и TV (по сравнению с г. Сходня); достоверно ниже показатели U1, U2 (по сравнению с г. Сходня и Братеево г. Москва). У детей района Старые Химки достоверно выше показатели: простой PSM, PZM, TPam (по сравнению со Сходней); Rab (по сравнению со Сходней и Братеево) и достоверно ниже показатели U1, U2 (по сравнению с Братеево). У детей района Братеево достоверно выше показатели только PZM по сравнению с районом Нагатино - Садовники

Возрастная группа 8 лет. У детей района Новые Химки достоверно выше показатели PSM и TV (по сравнению со Старыми Химками), PZM (по сравнению с районом Братеево), Rab (по сравнению со всеми районами); достоверно ниже показатели U1, U2 (по сравнению с Братеево). У детей района Старые Химки достоверно выше показатели Rab (по сравнению с г. Сходня и Братеево), TV (по сравнению с г. Сходня). У детей района Братеево достоверно выше показатели только PZM по сравнению с районом Нагатино-Садовники.

Возрастная группа 9 лет. У детей района Новые Химки достоверно выше показатели Rab (по сравнению с г. Сходня); достоверно ниже показатели U2 (по сравнению с г. Сходня). У детей района Старые Химки достоверно выше показатели Rab и TV (по сравнению с Новыми Химками и г. Сходня); достоверно ниже показатели U1 (по сравнению с г. Сходня).

Возрастная группа 10 лет. У детей района Новые Химки достоверно выше показатели TPam (по сравнению с г. Сходня и Старыми Химками), Rab и VPam (по сравнению с г. Сходня); достоверно ниже показатели U1 и U2 (по сравнению с Братеево). У детей района Старые Химки достоверно выше показатели PZM (по сравнению с г.Сходня) и PSM (по сравнению с г.Сходня и Старыми Химками); достоверно ниже показатели U1 и U2 (по сравнению с Братеево). У детей г. Сходня достоверно выше только показатели VPam (по сравнению с Новыми Химками).

Возрастная группа 11 лет. У детей района Новые Химки достоверно выше показатели Rab и TV (по сравнению с г. Сходня и районом Старые Химки соответственно). У детей района Старые Химки достоверно выше показатели Rab и достоверно ниже показатели U2 (по сравнению с г. Сходня). У детей г. Сходня достоверно выше показатели PSM и TV (по сравнению с Новыми).

Возрастная группа 12 лет. У детей района Новые Химки достоверно выше показатели TV (по сравнению со Старыми Химками), Rab и PrV (по сравнению со Сходней). У детей района Старые Химки достоверно выше показатели Rab и ниже показатель U2 (по сравнению со Сходней). У детей г. Сходни достоверно выше показатели TV и TPam (по сравнению с Новыми Химками).

Возрастная группа 13 лет. У детей района Новые Химки достоверно выше показатели Rab (по сравнению с о Сходней и Старыми Химками), PrV (по сравнению со Старыми Химками) и достоверно ниже показатели U1и U2 (по сравнению со Сходней и Старыми Химками соответственно). У детей района Старые Химки достоверно выше показатели TPam (по сравнению с Новыми Химками). У детей г.Сходни достоверно выше показатели PrV (по сравнению со Старыми Химками) и TV , а также TPam (по сравнению с Новыми Химками).

Возрастная группа 14 лет. Достоверность различий отмечена только для двух показателей: PSM (достоверно выше для Старых Химок по сравнению с Новыми) и VPam (достоверно выше для Сходни по сравнению со Старыми

Химками). Следует отметить, что самое большое число достоверных различий между исследуемыми показателями отмечено для возрастов 7 и 12-13 лет.

На основании полученных результатов был проведен анализ психофизиологических показателей, который выявил динамику их изменения в зависимости от возраста и места проживания. Примеры таких изменений приведены на рис. 1 - 3.

Приведенные выше примеры изменения психофизических показателей детей, проживающих в разных районах, и по всей выборке в целом хорошо иллюстрируют общую закономерность изменения показателей вне зависимости от района проживания и согласуются с общими тенденциями психофизиологических возрастных кризисов [Кулабина, Колюцкий, 2001; Сиротнюк, 2003].

Нейропсихологический статус детей Недостаточная сформированность двигательных функций, пространственного праксиса, произвольной организации движений отмечена у детей, проживающих в Братеево, Нагатино и Старых Химках. Дефицитарность пространственного, акустического и речевого восприятия и большее количество статических и динамических синкинезий отмечено у детей в возрасте 7 – 9 лет, проживающих в г. Сходня, Братеево и Старых Химках. Дефицитарность вербально-логической формы мышления выявлена у детей, проживающих в Старых Химках и Нагатино. В целом необходимо отметить, что вышеперечисленные показатели отмечались и у детей, проживающих в Новых Химках, но по сравнению с другими районами, уровень этих нарушений был ниже.

Уровень динамики речевого процесса. Различная степень несформированности фонематического восприятия наблюдалась у 83,6% детей от общего числа обследованных. Грубые и значительные нарушения данного показателя чаще отмечались у детей, проживающих в Старых Химках, Сходне, Нагатино. (21,9%, 19,4%. 19,1% соответственно от общего числа детей с нарушениями фонематического восприятия) (табл.1).

Таблица 1. Распределения уровней нарушения фонематического восприятия в зависимости от района проживания детей и подростков

Район / общее число обследованных (n) / число детей с фонематическими нарушениями (m)	Структура уровня нарушения фонематического восприятия (от числа детей с фонематическими нарушениями)					
	n	m	1	2	3	4
Новые Химки	600	463 (77,2%)	155 (33,4%)	233 (50.4%)	43 (9.3%)	32 (6.9%)

Район / общее число обследованных (n) / число детей с фонематическими нарушениями (m)			Структура уровня нарушения фонематического восприятия (от числа детей с фонематическими нарушениями)			
Старые Химки	682	595 (87,3%)	143 (22,5%)	330 (55,6%)	76 (12,7%)	46 (9,2%)
г.Сходня	376	320 (85,1%)	85 (26,7%)	172 (53,9%)	44 (13,6%)	19 (5,8%)
Нагатино	88	78 (88,6%)	18 (20,2%)	53 (60,3%)	10 (11,2%)	7 (7,9%)
Братеево	77	70 (90,9%)	14 (19,3%)	43 (61,7%)	7 (10,1%)	6 (8,9%)
Итого	1823	1524 (83,6%)	415 (27,2%)	831 (54,5%)	171 (11,2%)	110 (7,2%)

(1 – незначительные нарушения, 2 – средний уровень нарушений, 3 – значительные нарушения, 4 – грубые нарушения).

Это приводит к увеличению частоты встречаемости проявлений дислалии, дизартрии, общего недоразвития речи, дислексии, дисграфии.

Обращает на себя внимание достаточно высокий процент детей со средним уровнем нарушения фонематического восприятия (54,5%). Как правило, эти дети не имеют «слышимых» дефектов речи, но имеют большое количество ошибок на письме, и, как следствие этого – дисграфия и «З» по русскому языку. К сожалению, очень часто родители и

педагоги относят это на счет неусидчивости и невнимания ребенка. Кроме того, такой большой процент детей с тем или иным нарушением фонематического восприятия говорит и о низком уровне логопедической помощи в школе.

Полученные результаты согласуются с выводами мониторинга экологической обстановки районов Москвы и Московской области по данным МосЦГМС (Московский Центр метеослужбы)(табл.2).

Таблица 2. Сопоставление данных экологической обстановки в Москве и Московской области с некоторыми психофизиологическими показателями детей и подростков, проживающих в этих районах *.

Экологическая обстановка	Районы	Данные компьютерной диагностики		
		% детей с нарушением зрения (7 лет)	% детей с повышенной утомляемостью (7 лет)	% детей с незначительными нарушениями фонематического восприятия
Крайне неблагоприятная	Нагатино – Садовники, Братеево	72,2	80,9 ^{4,5,6}	19,9 ⁹
Неблагоприятная	г. Сходня	72,2 ^{1,2}	45,1 ^{3,6}	26,7 ^{8,10}
Относительно неблагоприятная	Старые Химки	68,1 ²	42,8 ⁵	22,5 ^{7,10}
Благоприятная	Новые Химки	57,3 ¹	39,4 ^{3,4}	33,4 ^{7,8,9}

*условными обозначениями «^{1,2,3} и т.д.» отмечена достоверность различий психофизиологических показателей детей в сравниваемых районах, полученная методом Вилкоксона.

Таким образом, психофизиологические показатели, наряду с известными медицинскими параметрами здоровья, могут быть использованы в качестве одного из критериев оценки здоровья населения, проживающего в районах с различным уровнем загрязнения.

Сопоставление психофизиологических показателей детей, проживающих в районах разной удаленности от градообразующего комплекса промышленных предприятий г.Химки Московской области.

На данном этапе было проведено сравнение психофизиологических характеристик детей, проживающих в двух районах г. Химки (Новые и Старые Химки). Наомним, что по данным экологического мониторинга район Старые Химки отнесен к относительно неблагоприятному району проживания, а район Новые Химки – к благоприятному.

Для анализа были использованы значения показателей простой слухо- и зрительно-моторных реакций (PSM и PZM), утомления (U), работоспособности (Rab), остроты зрения (OZ) при ближнем видении и скорости зрительного различения (SZR) из базы данных комплексного обследования психофизических характеристик. Данные показатели были проанализированы для возрастной группы 8-летних детей одного и того же года рождения (201 чел), обучающихся в школах районов Новые и Старые Химки. Далее было проведено сравнение психофизиологических характеристик детей, обучающихся в разных школах района Новые Химки (3 школы: школа № 12, лицей №10, школа №1 – по мере удаления от промзоны) и Старые Химки (5 школ:школы №№ 3,5,9, лицей №11, гимназия №7 – по мере удаленности от промзоны). Возрастная группа 8-летних детей была выбрана потому, что в данном случае сведены к минимуму те изменения психофизиологических показателей, которые могли бы быть обусловлены процессами адаптации ребенка к обучению в школе и проявлениям школьной дезадаптации.

Установлено, что достоверно высокими оказались различия по показателям простой слухо-моторной реакции и работоспособности детей, проживающих в Новых Химках по сравнению с районом Старые Химки. Психофизиологические показатели детей, обучающихся в школах района Новые Химки были практически одинаковыми несмотря на то, что эти учебные учреждения находятся в разной удаленности от промышленного комплекса

города (эти данные были в дальнейшем объединены в одну группу). Психофизиологические характеристики детей, проживающих в районе Старые Химки, в разной удаленности от промзоны города достоверно не различались между собой. Тем не менее, было установлено, что в зависимости от удаленности от предприятия, эти показатели все же изменяются. Так, психофизиологические показатели детей, проживающих в непосредственной близости от предприятия значительно хуже, чем у детей, проживающих в значительном удалении от промзоны (табл. 3).

Таблица 3. Психофизиологические показатели детей, проживающих в различной удаленности от градообразующего комплекса промышленных предприятий города в районах с различной экологической обстановкой.

Район проживания*	№№ школ, лицеев, гимназий	PSM, мс	PZM, мс	U	Rab	OZ (норма=1)	SZR (норма ≤0,5)
1	3	301,76	460,4	0,74	18,7	0,73	0,84
2	5	274,95	423,3	0,56	23,0	0,76	0,81
3	9	269,7	395,0	0,4	23,2	0,93	0,72
4	11	254,8	387,1	0,46	23,49	0,91	0,75
5	7	254,95	391,4	0,45	23,5	0,93	0,74
6	12,10,1	245,39	378,1	0,33	24,2	0,95	0,53

1-5 – районы Старых Химок; 1- в непосредственной близости от предприятия; 2 – 5 – по мере удаления от предприятия, (районы 4 и 5 удалены от предприятия, но находятся в достаточной близости от железной дорогой и МКАД – Московской кольцевой автодороги); 6- район Новые Химки.

Например, показатель простой слухомоторной реакции, который отражает уровень фонематического восприятия и в свою очередь лежит в основе уровня развития речевого процесса, значительно хуже для детей школы №3, которая находится в непосредственной близости от предприятия. У этих детей наблюдалось наибольшее число нарушений уровня развития речевого процесса, выражающееся в высоком числе дислексий, дисграфий, т.е. затруднений в речи и на письме. Также для учащихся этого учебного учреждения выявлены: высокий уровень утомления, нарушения зрения и снижение показателя скорости зрительного различения, а также низкий уровень работоспособности по сравнению с учащимися других школ Старых Химок.

Необходимо подчеркнуть, что все представленные показатели в свою очередь лежат в основе успешности обучения ребенка.

Итак (табл.3), по мере удаления от промзоны констатируется улучшение психофизиологических показателей: хорошо просматриваются тенденции улучшения скорости слухомоторной реакции. Напомним, что именно этот показатель лежит в основе возможных логопедических затруднений ребенка.

Снижается уровень утомления по мере удаления от промзоны, улучшаются показатели зрения: по мере удаления от промзоны увеличивается показатель остроты зрения при ближнем видении и уменьшается показатель скорости зрительных нарушений. Растет показатель работоспособности.

Однако, у детей, обучающихся в лицее № 11 и гимназии № 7 некоторые показатели, в частности уровень утомления и скорость зрительного различения были несколько хуже, даже по сравнению с учащимися школы № 9, несмотря на то, что и лицей и гимназия расположены дальше от промзоны, чем школа № 9. Вероятно, это связано с тем, что место проживания и обучения детей находится в достаточной близости действия других экологически неблагоприятных факторов: в частности, железной дороги и крупных автомагистралей (МКАД и Ленинградское шоссе).

Такой «ответ» психофизиологических показателей на изменение экологической обстановки еще раз убедительно доказывает, что наряду с уже известными медицинскими показателями (уровнем заболеваемости, характеристиками крови, иммунного статуса и т.п.) психофизические параметры могут быть использованы в качестве своеобразных маркеров изменения экологической обстановки места проживания.

К сожалению, следует констатировать, что за последние 10 лет экологическая обстановка в городе Химки изменилась не в лучшую сторону. Увеличилась интенсивность движения по Ленинградскому шоссе и МКАД, железной дороге, началось интенсивное строительство нового района Москвы Куркино, который находится в непосредственной близости от района Новые Химки, а также строительство в самом городе Химки, прокладка новых транспортных магистралей и т.п.

Анализ психофизиологических особенностей, нейропсихологического статуса детей и подростков в зависимости от их года рождения

Если сравнить показатели детей одной и той же возрастной группы, то у детей 1994 – 1995 гг. рождения значения вышеперечисленных параметров в 1,2 – 2, 5 раза хуже, чем у детей 1989 – 1990 гг. рождения (табл.4).

Таблица 4. Изменение скорости простой слухо – моторной (PSM) и зрительно – моторной реакции (PZM), утомления (U1, U2) и работоспособности (Rab) у детей 7 лет в зависимости от года рождения**

Показатели	Год рождения детей						
	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
PSM, мс	298,97	296,51	297,51	298,26	357,17	357,17	336,92
PZM, мс	425,48	440,79	441,72	428,42	487,94	459,02	488,46
U1	0,406	0,404	0,490	0,701	0,946	1,63	1,11
U2	0,396	0,616	0,635	0,692	1,2	1,77	1,55
Rab	21,0	22,13	20,72	17,55	17,94	17,52	17,52

**Изменение психофизиологических показателей в сторону их увеличения (PSM, PZM, U1 и U2) или снижения (Rab) для детей одной и той же возрастной группы (7 лет) в зависимости от года их рождения, соответствуют их ухудшению.

Данная тенденция сохраняется и для других возрастных групп. Одной из причин ухудшения психофизиологического и психосоматического здоровья детей и подростков может быть увеличение количества различных отклонений в период внутриутробного развития. Исходя из анализа анамнестических данных, к ним можно отнести: увеличение частоты угрозы выкидышей, тяжелых токсикозов, обострения хронических заболеваний матерей, а также увеличение числа прерванных беременностей (медицинские аборты), особенно перед беременностями, заканчивающихся родами (в частности, перед рождением первого ребенка в семье) и т.п.

Выводы

Таким образом, основные результаты данного исследования сводятся к следующему.

Психофизиологические показатели могут быть использованы в качестве критерия воздействия экологических факторов как местного, так и глобального масштаба. В частности, условия проживания детей и их родителей отражаются на психофизиологических параметрах (скорость восприятия световых и звуковых стимулов, работоспособность, утомляемость, острота зрения при ближнем видении), нейропсихологических показателях (сформированности двигательных функций, пространственного праксиса, произвольной организации движений; уровне пространственного, акустического и речевого восприятия; количестве статических и динамических синкинезий; уровне вербально-логической формы мышления; степени сформированности фонематического восприятия), показателях когнитивных процессов (внимание, память). Выявлены достоверные различия между психофизиологическими, нейропсихологическими показателями детей, проживающих в разных районах

Москвы и Московской области. Степень нарушения этих параметров хорошо коррелирует с уровнем экологического загрязнения территории проживания. Так, наиболее неблагополучными районами были Братеево и Нагатинно-Садовники (Москва) по сравнению с Химкинским районом Московской области. Территорию Химкинского района можно также разделить на три основных зоны: Старые Химки, Новые Химки и г. Сходня. Наиболее благоприятным для проживания оказался район Новых Химок.

Не исключено, что учет экологической обстановки места проживания особенно важен при планировании беременности. В связи с этим необходимо разработать концепцию медико-психолого-профилактических мероприятий охраны материнства и детства, составной частью которой может быть уже разработанная программа мониторинга психофизического здоровья детей и подростков с учетом экологической обстановки места проживания.

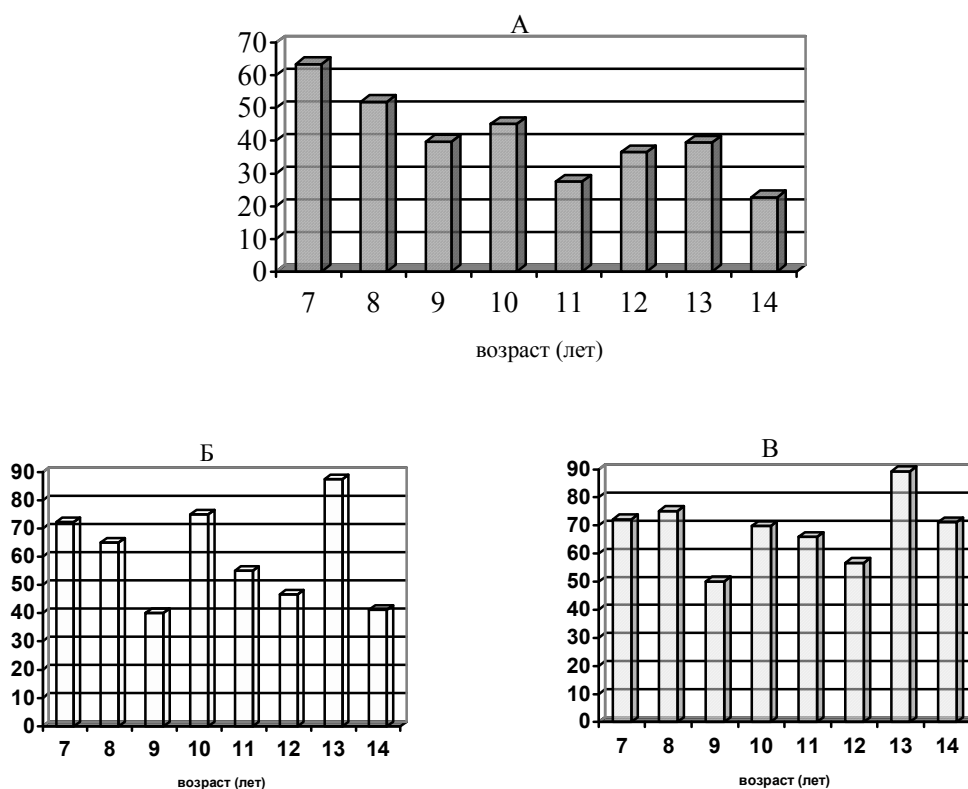
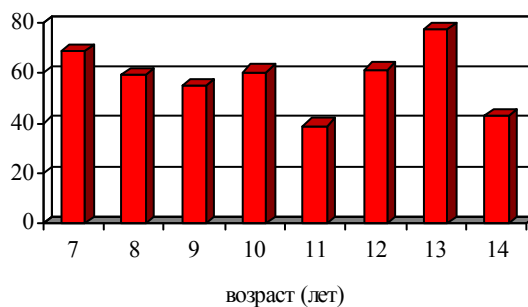
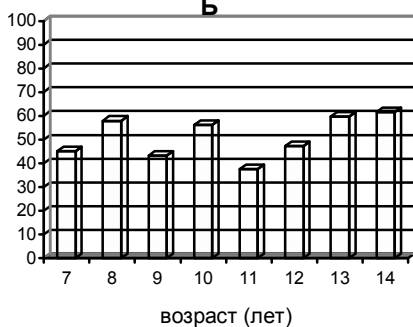


Рис. 1. Частота встречаемости нарушения зрения (данные в %) у детей обследованной когорты в целом (А) и для сравнения в двух районах: г. Сходня (Б) и Братеево, Москва (В)

А



Б



В

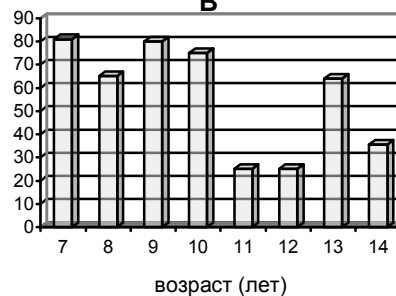
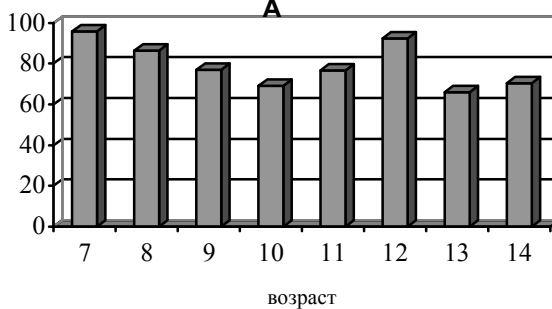
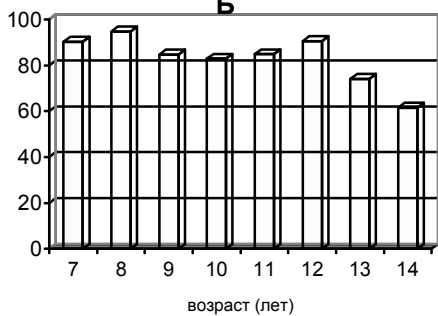


Рис. 2. Распределение детей с повышенной утомляемостью (данные в %) в целом по выборке (А) и для сравнения в двух районах: г. Сходня (Б) и Братеево, Москва (В)

А



Б



В

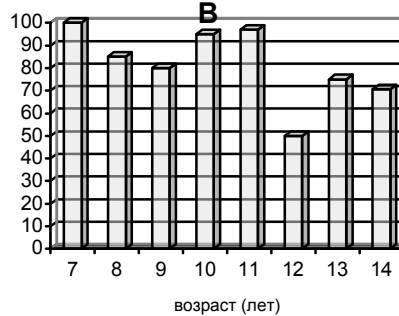


Рис.3. Распределение детей с логопедическими затруднениями (нарушение фонематического восприятия) (данные в % от общего числа обследованных) в целом по выборке (А) и для сравнения в двух районах: г. Сходня (Б) и Братеево, Москва (В).

Литература

1. Безруких М.М., Князева М.Г. Если Ваш ребенок левша. М., Новая школа, 1994, 108с.
2. Каменская В.Г. Отражение фрактальных свойств сенсорных потоков в величине индекса Херста распределения реакции человека.// Тез. II междунар. Конгресса «Слабые и сверхслабые поля и излучения в биологии и медицине». 3 – 7 июля 2000, СПб, с. 271.
3. Кулагина И.Ю., Колюцкий В.Н. Возрастная психология. Полный жизненный цикл развития человека. М., ТЦ «Сфера», при участии «Юрайт-М», 2001, 464с.
4. Лучшие психологические тесты. Петрозаводск, Петроком, 1992, с.218-219
5. Мюллер П., Нойман П., Шторм Г. Таблицы по математической статистике. М., Финансы и статистика, 1982, 278с.
6. Немов Р.С. Психология: Словарь – справочник в 2 ч. М., ВЛАДОС-ПРЕСС, 2003, Ч1, 304с., Ч2, 352с.
7. Петри А., Сэбин К. Наглядная статистика в медицине. М., ГЭОТАР. МЕД, 2003, 144 с.
8. Семенович А.В. Нейропсихологическая диагностика и коррекция в детском возрасте. М., Изд.центр «Академия», 2002, 232с.
9. Сиротюк А.Л. Нейропсихологическое и психофизиологическое сопровождение обучения. М., ТЦ Сфера, 2003, 228с.
10. Стентон Г. Медико-биологическая статистика. М., Практика, 1999, 459с.
11. Физиология развития ребенка. Под ред. Безруких М.М., Фарбер Д.А. М., Образование от а до Я, 2000, 319с.
12. Хомская Е.Д., Нейропсихология индивидуальных развитий. Левый, правый мозг и психика. М., Российское Педагогическое агентство, 1997, с.14.

ДРУГИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ПРОБЛЕМЕ «ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА И ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ»

Резолюция Семинара «Изменения климата и здоровье населения России в XXI веке» 2004 года

5-6 апреля 2004г.
РАМН

Москва, Президиум

В Президиуме Российской академии медицинских наук 5-6 апреля 2004 г. состоялся семинар Изменения климата и здоровье населения России в XXI веке. В нем приняли участие более 100 ведущих специалистов России в области эпидемиологии и лечения инфекционных и паразитарных заболеваний, экологии возбудителей, гигиены окружающей среды, общественного здоровья и общественного здравоохранения и других направлений профилактической медицины, а также климатологи, экологи, представители ВОЗ, Всемирного Банка, неправительственной организации "Защита природы"/США/, Российского регионального экологического центра, Всемирного фонда охраны дикой природы и других организаций, представители ряда Посольств, средств массовой информации.

На семинаре рассмотрены лишь некоторые аспекты многогранной проблемы влияния изменения климата на здоровье и не обсуждались вопросы воздействия на здоровье экстремальных погодных явлений (наводнения, тайфуны, смерчи и другие).

Участники семинара исходили из того, что изменения климата носят глобальный характер и затрагивают территорию Российской Федерации. Были представлены приоритетные научные данные о негативном воздействии изменения климата на здоровье населения России.

Участники семинара констатировали, что

Достоверно установлено негативное влияние аномальных температур на здоровье населения

Регистрируемое в последние десятилетия потепление представляет реальную опасность для здоровья населения. Происходит расширение нозоареалов ряда инфекционных заболеваний, рост заболеваемости малярией, клещевым энцефалитом, иксодовыми клещевыми боррелиозами (заболевания группы болезни Лайма).

Вспышки ряда инфекционных заболеваний, в т.ч. лихорадка Западного Нила, наряду с влиянием других факторов связаны с аномально высокими температурами воздуха.

Доказано, что высокие температуры воздуха были причиной дополнительной смертности населения Твери летом 1999 г. и Москвы летом 2002 г.

С целью разработки государственных программ по профилактике негативного влияния климатических изменений на здоровье населения Российской Федерации и адаптации к ним необходимы совместные усилия врачей, экологов, климатологов, метеорологов, гидрологов, специалистов в области моделирования и прогнозирования.

Первоочередными задачами исследований участника семинара считают:

1. Оценку воздействия потепления климата на экологию возбудителей инфекционных и паразитарных заболеваний, представляющих наибольшую опасность для здоровья населения России, их переносчиков и резервуарных хозяев на основе данных специального мониторинга, осуществляемого на пунктах постоянных наблюдений
2. Организацию специальных исследований по оценке воздействия климатических изменений на эпидемический процесс и выявлению особенностей распространения инфекционных и паразитарных заболеваний (малярии, клещевого энцефалита, иксодовых клещевых боррелиозов, риккетсиозов, геморрагических лихорадок, паразитозов и других заразных болезней).
3. Оценку воздействия климатических изменений на качество атмосферного воздуха и питьевой воды в регионах России
4. Оценку воздействия высоких температур воздуха на здоровье населения, на течение заболеваний, изучение патогенетических механизмов развития патологических состояний и их лечения.

5. Оценку влияния изменений уровня тропосферного озона на здоровье населения
6. Разработку Национального плана действий по уменьшению негативного воздействия климатических изменений на здоровье населения России

Участники семинара обращают внимание Правительства Российской Федерации, Министерства здравоохранения и социального развития России, Министерства природных ресурсов России, Министерства экономического развития и торговли России, Министерства образования и науки России, других министерств и ведомств, Комитета по охране здоровья Государственной Думы, Комитета по экологии Государственной Думы, Комитета по безопасности Государственной Думы, Совета Безопасности Российской Федерации, на накопленные научные данные о негативном влиянии климатических изменений на здоровье населения России и необходимость детальной дальнейшей количественной оценки этого явления.

Участники семинара обращают внимание руководства РАН, РАМН, Министерства здравоохранения и социально развития на необходимость целевого финансирования НИР по проблеме оценки негативного воздействия климатических изменений на здоровье населения и в первую очередь работ по:

1. Подготовке Национального доклада по оценке воздействия климатических изменений на здоровье населения России.
2. Разработке научных программ, включающих долговременные исследования как эффективный метод получения информации о влиянии климатических изменений на здоровье населения, результатом которых должны быть научно обоснованные прогнозы возможного ухудшения здоровья населения в условиях потепления климата и обоснование соответствующих мер профилактики и адаптации.
3. Совершенствованию системы образования и обучения специалистов, системы эпидемиологического надзора, подготовке медицинского персонала.
4. Разработке новых подходов к лечению наиболее массовых заболеваний в изменившихся климатических условиях.

Для разработки и реализации практических мер, направленных на защиту населения от негативного воздействия климатических изменений на здоровье, необходимо на основе прикладных исследований решить следующие конкретные задачи:

Определить, в каких регионах, городах, населенных пунктах России возможны наиболее выраженные изменения климата и связанные с ними нарушения здоровья населения.

Выявить возможные проявления этих нарушений, получить экспертные оценки их количественных характеристик, определить группы повышенного риска, построить индикаторы для разработки прогнозов воздействия климатических изменений на здоровье населения.

Оценить влияние потепления климата на особенности экологии возбудителей инфекционных и паразитарных заболеваний, в т.ч. малярии, клещевого энцефалита, иксодовых клещевых боррелиозов, риккетсиозов, японского энцефалита, геморрагических лихорадок, паразитозов и других инфекций

Оценить влияние потепления климата на особенности эпидемического процесса, инфекционную и паразитарную заболеваемость, на течение инфекционных болезней.

Оценить экономические последствия влияния климатических изменений на здоровье населения России в целом по стране, в наиболее проблемных регионах и по группам повышенного риска (возрастным, социальным, профессиональным и другим).

Создать системы для регистрации предэпидемического состояния в регионах России

Разработать профилактические программы, необходимые для минимизации неблагоприятных последствий изменений климата.

Оценить возможности использования существующей системы социально-гигиенического мониторинга санитарно-эпидемиологической службой для оценки влияния изменений климата.

Оценить на основе анализа показателей ежедневной смертности и обращаемости (госпитализации) эффект высоких кратковременных температур в различных регионах России.

Оценить влияние потепления климата на содержание в атмосферном воздухе загрязняющих веществ в городах, первую очередь – расположенных в

неблагоприятных природных условиях (например, Норильск, Воркута) и имеющих крупные источники загрязнения.

На основе непрерывного мониторинга оценить уровень содержания тропосферного озона в городах с крупными источниками загрязнения, а также расположенных в южных районах страны.

Создать банк данных по результатам проводимых исследований, доступный через компьютерную сеть для заинтересованных лиц.

Решение этих задач будет способствовать активному участию науки в сохранении здоровья и улучшения качества жизни граждан Российской Федерации.

Настоящая Резолюция направляется в Федеральное Собрание Российской Федерации, Совет Безопасности России, Правительство Российской Федерации, Министерство здравоохранения и социального развития России, Министерство природных ресурсов России, Министерство экономического развития и торговли России, РАН, Лигу здоровья нации и другие организации, СМИ.

Участники семинара считают важным участие ученых Российской Федерации в проектах по оценке негативного влияния климатических изменений на здоровье населения, осуществляемых ВОЗ, Всемирным Банком, Программой ООН по окружающей среде.

Участники семинара считают целесообразным проведение подобных семинаров регулярно раз в 2 года в различных регионах Российской Федерации, издание материалов настоящего семинара на русском и английском языках, подготовку тематического выпуска одного из медицинских журналов, посвященного влиянию изменений климата на здоровье населения России.

Перечень некоторых русскоязычных публикаций по проблеме изменения климата и здоровью населения

1. Алексеев А.Н. Влияние глобального изменения климата на кровососущих экопаразитов и передаваемых ими возбудителей болезней. // Вестник Российской АМН, 2006, №3, с.21-25
2. Гурфинкель Ю.И. Ишемическая болезнь сердца и солнечная активность М., ИИКЦ «Эльф-3», 2004, 170 с.
3. Измеров Н.Ф., Ревич Б.А., Коренберг Э.И. Изменения климата и здоровье населения России в XXI веке. // Медицина труда и промышленная экология, 2005, № 4, с.1-6
4. Измеров Н.Ф., Ревич Б.А., Коренберг Э.И. Оценка влияния потепления климата на здоровье населения – новая задача профилактической медицины. // Вестник Российской академии медицинских наук, 2005, № 11, с.33-37
5. Платонов А.Е. Влияние погодных условий на эпидемиологию трансмиссивных инфекций (на примере лихорадки Западного Нила в России). // Вестник Российской АМН, 2006, №2, с.25-29
6. Платонова Л.В., Михеев В.Н., Локтев В.Б., Кононова Ю.В., Шестопалов А.М., Дупал Т.А. О первых результатах эпидемиологического мониторинга лихорадки Западного Нила в Новосибирской области // Сибирь-Восток, 2006, №3, с.45-48
7. Погода и биосистемы. Материалы международной конференции. Санкт-Петербург 11-14 октября 2006г. СПб., Астерион, 2006, 370с.
8. Ревич Б.А. Изменение климата и угроза здоровью населения России. Россия в окружающем мире 2004 (Аналитический ежегодник). Под ред. Н. Н. Марфенина. М., Модус-К-Этернаб, 2005, с.62- 80
9. Ревич Б.А. Потепление климата – новая проблема общественного здоровья приполярного населения. 13 Международный конгресс по приполярной медицине. Материалы конгресса. Новосибирск, 12-16 июня 2006, с.223
10. Ревич Б.А., Шапошников Д.В., Галкин В.Т., Крылов С.А., Черткова. Воздействие высоких температур атмосферного воздуха на здоровье населения в Твери. // Гигиена и санитария, 2005, №2, с.20-24
11. Семенов С.М., Ясюкевич В.В., Гельвер Е.С. Климатогенные изменения ареала малярии человека на территории стран СНГ / Выявление климатогенных изменений. М., Изд.центр «Метеорология и гидрология», 2006, 235с.
12. Щелканов М.Ю., Громашевский В.Л., Львов Д.К. Роль эколого-вирусологического районирования в прогнозировании влияния климатических изменений на ареалы арбовирусов. // Вестник Российской АМН, 2006, №2, с.22-25
13. Щербо А.П. Изменения климата и здоровье: «кто виноват?» и «что делать?». Актовая речь. СПб., Издательский дом СПбМАПО, 2006, 40с.

Изменение климата и здоровье в программе 17 ежегодной конференции Международного общества по экологической эпидемиологии (ISEE), Париж, 2006 год

3-6 сентября в Париже состоялась очередная ежегодная конференция по экологической эпидемиологии под патронажем Президента Франции Жака Ширака. На конференции было представлено более 1000 докладов по различным вопросам экологической эпидемиологии и оценки риска из 60 стран мира.

С приветствием от руководства страны выступил Министр труда и занятости г-н Gerard Larcher, который обратил внимание на 4 основные проблемы здоровья, одной из которой является негативные последствия влияния потепления климата.

Впервые за все годы на этой конференции большое внимание было уделено вопросам негативного воздействия климата на здоровье населения, которые рассматривались на 4 отдельных симпозиумах – "Здоровье и метеорология", "Характеристика риска климатических изменений", "Изменения климата и здоровье населения", "Кратковременные эффекты воздействия погоды и предупредительная стратегия для уменьшения острых воздействий на здоровье человека в Европе". Всего на этих заседаниях было представлено более 50 сообщений. Эпидемиологические работы по оценке влияния изменения климата на здоровье населения проводятся в разных странах мира, а в странах Европы реализуются многоцентровые проекты Европейской комиссии. К 2050г. ожидается дальнейшее увеличение смертности населения, связанной с климатом, примерно на 1-1,5%. С какими же эффектами для здоровья связано потепление климата? На конференции были представлены результаты новых эпидемиологических работ.

Представленные сообщения нами систематизированы по следующим направлениям:

климат и инфекционные заболевания

климат и смертность

климат и госпитализация.

Климат и инфекционные заболевания. В Великобритании, Канаде, Германии увеличение среднемесячной температуры за 1992-2002годы

привело к увеличению случаев заболеваний бактериальной дизентерии, кампилобактериозом, сальмонеллезом.

Показаны связи между изменением климата и ростом числа желудочно-кишечных заболеваний на Тайване [Chang et al., 2006], температурой и ростом случаев сальмонеллеза в Австралии [Zhang et al., 2006], максимальной месячной температурой и криптоспориديозом в Австралии [Hu et al., 2006].

Большое эпидемиологическое исследование проведено для оценки роли климата в частоте желудочно-кишечных инфекций (сальмонеллез, шигеллез, криптоспоридиоз, кампилобактериоз, лямблиоз) у пожилых лиц в США за 1998-2002годы по 3108 территориям США. Каждая территория была классифицирована по одной из 13 климатических категорий. Используя ГИС-системы оценена роль климатических условий и вид водопользования (централизованное или нецентрализованное). Выявлена более высокая заболеваемость сальмонеллезом в южных штатах с субтропическим климатом, кампилобактериозом, сальмонеллезом и шигеллезом в северных штатах, по лямблиозу и криптоспоридиозу связь от климатических условий не выявлена [Jagai et al., 2006].

Заболеваемость детей до 5 лет сальмонеллезом в 5 городах Австралии коррелирует со среднемесячной температурой предыдущего месяца [D' Sousa et al., 2006].

Результаты этой работы крайне интересны для нашей страны, учитывая доататочно наднжную базу данных по инфекционным заболеваниям. Также весьма полезны интересны результаты работ о роли миграции птиц в распространении клещей -возбудителей боррелиоза –болезни Лайма.

Потепление климата и смертность. Ведущий исследователь по этой проблеме Sarry Kovats из Лондонской школы гигиены тропической медицины проанализировала 50 статей по смертности от жары. Наиболее высоки показатели смертности среди пожилых людей, мужчин, лиц с диабетом, госпитализированных лиц, людей, проживающих на верхних этажах, людей проживающих в городах, по сравнению с пригородом

За последние годы в некоторых городах резко возросла амплитуда летних температур. Так, в Париже среднемесячные температуры ранее колебались в пределах 8⁰С, а во время жары 2003г. в пределах 12⁰С.

Климатологами разработаны различные сценарии потепления климата к 2020, 2050, 2060 годам и эпидемиологами начато создание различных

сценариев дополнительной смертности населения, связанной с этим процессом. Так, например, по одному из сценариев в Лондоне к 2080г. у людей в возрасте 75 лет и более дополнительная смертность может достигнуть 9тыс. случаев в год, причем большая часть случаев может быть связана с низкими температурами (S.Kovats).

Целый ряд работ посвящен анализу распределения климатозависимой смертности и заболеваемости (например, инфаркта миокарда) по отдельным территориям той или иной страны – Великобритании, Франции, Португалии, Италии, Австралии, Венгрии, Швейцарии, Австрии, Китае.

В 2005г. был начат новый европейский проект по оценке кратковременных эффектов воздействия климата. Из стран Восточной Европы в этот проект включена Прага. Создается единая база данных метеорологических данных (средняя температура за 3 часа, влажность, скорость ветра, направление ветра, высота над уровнем моря, площадь снегового покрова, уровень солнечной радиации, загрязнение атмосферного воздуха "классическими веществами"), данных о смертности, рассчитанные потерянные годы жизни. По европейским городам определен температурный порог, выше которого растет смертность населения. Для Хельсинки он составляет 23,6^oC, а для 95% перцентилей –21,7^oC., для средиземноморских городов он естественно намного выше +28^oC. По предварительным результатам этого проекта с использованием регрессии Пуассона увеличение температуры на 1^oC приводит к увеличению показателя смертности населения на 1,8--3,0% (без учета внешних причин), что совпадает с нашими данными по Твери и Москве [Ревич и соавт, 2005, 2006]. При обсуждении этого проекта дискутировались вопросы о необходимости использования и других метеорологических показателей - максимальной и минимальной дневной температуры, перепады температур в течение дня. Также можно согласиться с мнением исследователей из Института социальной и профилактической медицины Университета в Базеле (Швейцария), что температурный порог различен для разных заболеваний [Grize et al., 2006].

Японские исследователи на основе анализа официальных данных о температуре и смертности в Токио за 23 года (1972-1994гг.) определили значения оптимальной температуры. Как видно из приведенной таблицы, в Токио не только возрастает средняя температура за 5-летний период, но и

значения оптимальных температур. Возможно, эта информация будет полезна для оценки ситуации в городах Дальнего Востока.

*Средняя температура и оптимальная температура в 5-летние периоды в Токио
[Honda et all.,2006]*

Период времени	Средняя t	Оптимальная температура	
		Мужчины	Женщины
1972-75	15,6	26,6	25,3
1976-79	16,0	27,7	25,0
1980-84	15,4	27,5	26,1
1985-89	15,8	28,4	27,7
1990-94	16,4	28,0	28,2

Гарвардской школой общественного здоровья совместно проведен анализ смертности в 50 городах США за 1998-2000гг. (всего 7 531 120 случаев смерти) в зависимости от максимальной и минимальной температуры, числа дней с высокой температурой (более 99 перцентиль) и очень низкой температурой (менее 1% перцентиль). Учитывались также социально-экономические показатели (не указаны, какие именно), особенности здравоохранения. Сильные связи найдены между экстремальными температурой и смертностью от диабета (OR 1,036). Смертность от сердечно-сосудистых заболеваний (OR 1,052) больше зависит от экстремально низких, чем экстремально высоких температур [Medina-Ramon et all.,2006].

Продолжаются также и поиски оптимальной модели оценки дополнительной смертности от жары в европейских городах. Используются модели Монте-Карло и модель Байерса, на основании таблиц дожития определены потери ожидаемой продолжительности жизни.

Климат и госпитализация. Многоцентровой европейский проект направлен на оценку влияния температур на госпитализацию населения с сердечно-сосудистыми и респираторными заболеваниями. Среди мешающих (или по другой эпидемиологической терминологии – смешивающих факторов) названы эпидемии гриппа. Температурным порогом по госпитализации определены по Стокгольму – 22,7^oC, Лондону –24,6, Милану –33,8^oC. Также, как и по высокой температуре, зимой наиболее явно увеличивается госпитализация лиц в возрасте 75 лет и старше на 3,7^oC при уменьшении температуры на 1^oC.

Обширные эпидемиологические работы проведены и в США, где проанализированы показатели госпитализации пожилых лиц по поводу сердечно-сосудистых заболеваний, заболеваний органов дыхания, диабета в

34 городах в зависимости от жары. При этом учитывались метеорологические данные, уровень загрязнения атмосферного воздуха, а также социально-экономические показатели, тип жилища, площадь озеленения, такие индивидуальные показатели как пол, уровень образования, обращение в общественный или частный госпиталь. Оценены экономический ущерб дополнительной госпитализации в дни жары и разработаны рекомендации для администраций изученных городов [O. Neill et. all.,2006].

Эпидемиологические исследования начали включать биохимические и гематологические показатели. Показано увеличение С-реактивного белка в дни высоких температур, что может явиться дополнительным фактором смерти лиц пожилого возраста жаркие дни от ИБС и стенокардии [Scheider et al.,2006]

Нам представляется важным заключение о том, что потепление климата большее влияние оказывает на смертность населения, а не на показатели госпитализации. Увеличение смертности в старших возрастах также проявляется с меньшим лагом, чем по госпитализации.

Проф. Б.А.Ревич

1. Chang C.C. et all. The impact of climate change on gastrointestinal diseases in Taiwan. International conference on environmental epidemiology and exposure, ISEE/ISEA, Paris, Sept.2-6, 2006, p.493
2. D'Souza R., Hall G et all. Effect of ambient temperature and age on salmonella notifications in Australia. International conference on environmental epidemiology and exposure, ISEE/ISEA, Paris, Sept.2-6, 2006, TM4-0-07
3. Grize L. et all. Causes of death during the 2003 heat wave in Switzerland. International conference on environmental epidemiology and exposure, ISEE/ISEA, Paris, Sept.2-6, 2006, p.503
4. Honda Y., Ono M., Kabuto M. Do we adapt to a new climate as the globe warms? International conference on environmental epidemiology and exposure, ISEE/ISEA, Paris, Sept.2-6, 2006, TM4-0-02
5. Hu W., Connell D. et all. Climate variability and the transmission of cryptosporidiosis. International conference on environmental epidemiology and exposure, ISEE/ISEA, Paris, Sept.2-6, 2006, p.498
6. Jagai JS, Kosheleva A.A. et all. Climate and water type as indicators for gastroenteric infections in the US Elderly. International conference on environmental epidemiology and exposure, ISEE/ISEA, Paris, Sept.2-6, 2006, TM4-0-06
7. Kovats S. Social and environmental determinants of heat-related mortality: a systematic review. International conference on environmental epidemiology and exposure, ISEE/ISEA, Paris, Sept.2-6, 2006, SAA4-PD-01
8. Medina-Ramon M. et all. Modifiers of the effect of extreme temperatures on mortality: a multi-city case-only analysis. SAA4-PD-10
9. Michelozzi P., Acceta G. et all. Short term effects of apparent temperature on hospital admissions in European cities: results from the PHEWE project. International

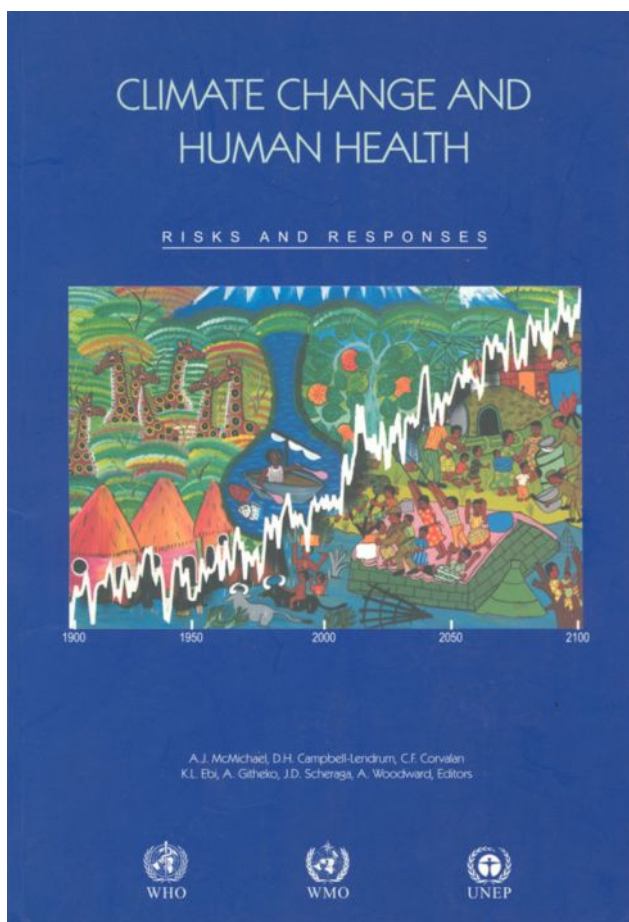
conference on environmental epidemiology and exposure, ISEE/ISEA, Paris, Sept.2-6, 2006, WS2-01

10. O'Neill M. et al. Heat and hospital admissions among U.S. Elderly. International conference on environmental epidemiology and exposure, ISEE/ISEA, Paris, Sept.2-6, 2006, SAA4-PD-08
11. Scheider A., Panagiotakos D. et al. Apparent temperature and inflammatory markers in a European panel study. International conference on environmental epidemiology and exposure, ISEE/ISEA, Paris, Sept.2-6, SAA4-PD-06
12. Zhang Y., Bi P., Hiller J. Climatic variables and the transmission of bacillary dysentery: any differences between northern and southern China? International conference on environmental epidemiology and exposure, ISEE/ISEA, Paris, Sept.2-6, TM4-0-05

Монографии по влиянию изменений климата на здоровье населения

Всемирная организация здравоохранения продолжает публикацию монографий по оценке влияния климата на здоровье населения

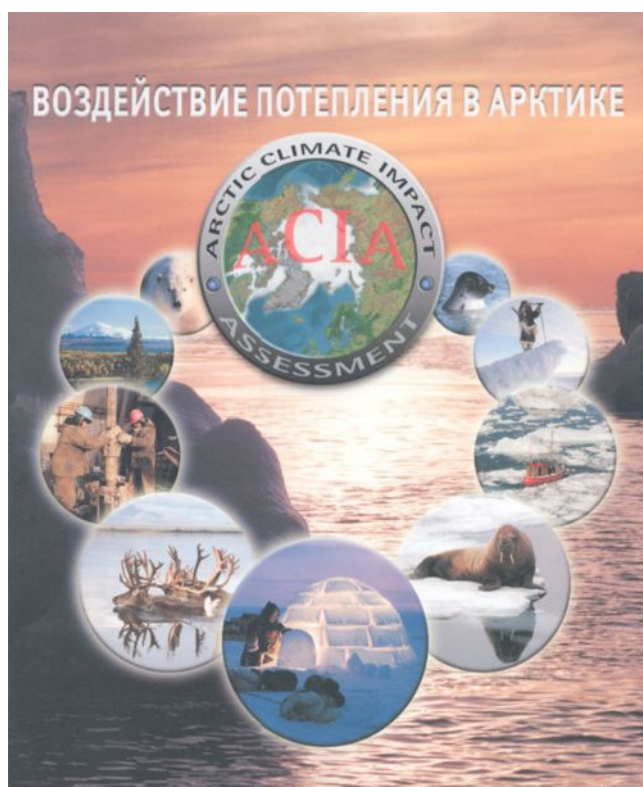
На русском языке в серии «Здоровье населения и глобальное изменение окружающей среды» издана монография ВОЗ, ЮНЕП, ВМО



и
Министерства здравоохранения
Канады «Методы оценки
чувствительности здоровья
человека и адаптации
общественного здравоохранения к
изменению климата». 2006 год,
107с.

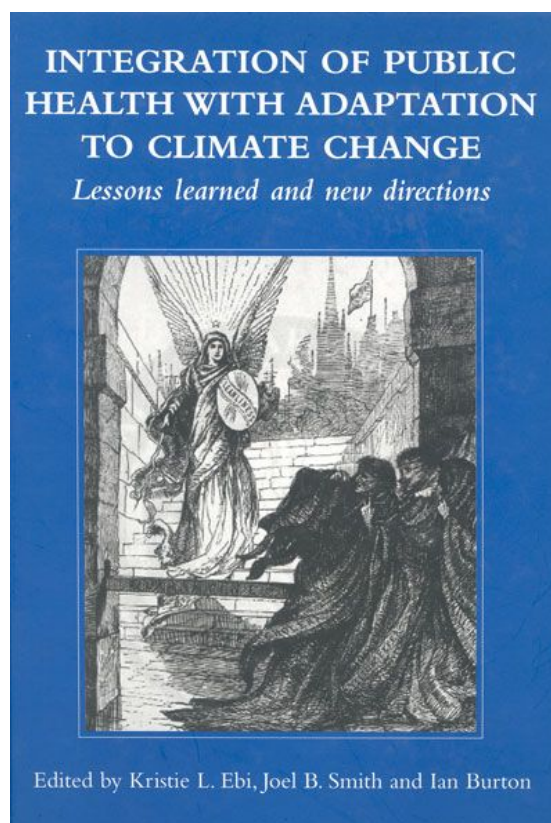
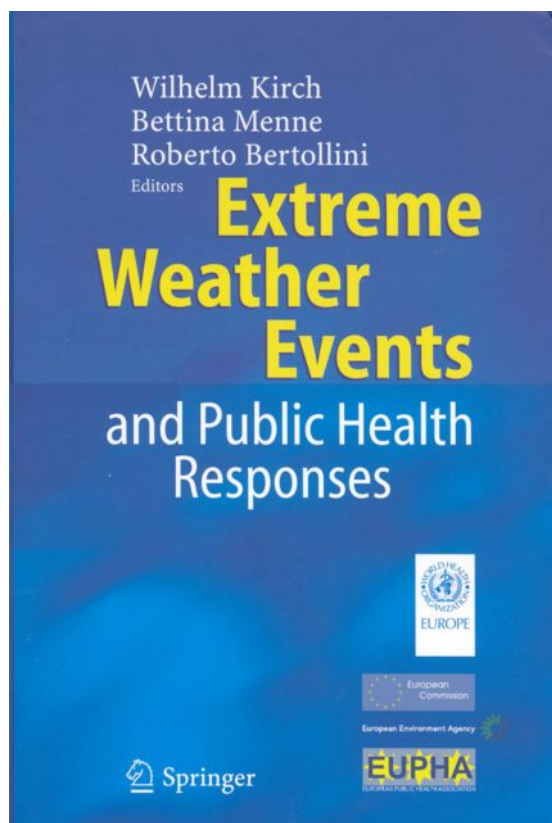


Публикация программы по оценке климатических воздействий в Арктике (АСИА). Издание на русском языке, 2005. Текст на английском языке



www.acia.uaf.edu.

Другие монографии по влиянию потепления климата на здоровье населения.



ОСНОВНЫЕ ИНТЕРНЕТ РЕСУРСЫ ПО ПРОБЛЕМЕ «ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА И ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ»

Официальные сайты

www.unfccc.int - Секретариат Рамочной конвенции ООН об изменении климата (РКИК). Архив документов и решений Конвенции, новости, данные о выбросах парниковых газов в разных странах, официальные государственные доклады по проблеме изменения климата, информация о Киотском протоколе и ходе его ратификации.

www.wmo.ch - Всемирная метеорологическая организация. Широкий спектр материалов и данных об изменении климата, новости, прогнозы, ссылки на последние публикации.

www.ipcc.ch – IPCC - Intergovernmental Panel of Climate change (МГЭИК). Межправительственная группа экспертов по изменению климата глобальный форум сотен ученых, занимающихся проблемой изменения климата. Официальные доклады, вопросы идентификации изменений климата и их причин, прогнозы, оценка влияния на окружающую среду.

www.meteorf.ru - Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, прогноз погоды, информация о погодных явлениях, новости и пр.

www.euro.who.int/globalchange - сайт Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ)

Неправительственные организации

www.wwf.ru - Всемирный фонд дикой природы. Россия (WWF России). Библиотека публикаций, новости, сведения о климатической программе WWF, текст Киотского протокола на русском языке, глоссарий терминов.

www.rusrec.ru - Российский региональный экологический центр. Новости и аналитические материалы. Экономика окружающей среды. Проблемы изменения климата и Киотский протокол.

www.ecopolicy.ru/rubrika - Центр экологической политики России. Форум по изменению климата.

<http://erh.ru/protokol> - Центр «Окружающая среда – Риск - Здоровье». Информация по проблеме воздействия изменения климата на здоровье населения.